Vergleichende Untersuchungen
über das
Augenmaß für Strecken und Flächen.

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
einer Hohen Philosophischen Fakultät
der
Vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Johannes Güthling
aus Dobien (Bez. Halle)

Referent: Geheimrat Prof. Dr. Ziehen.
Korreferent: Prof. Dr. Utitz.

Tag der mündlichen Prüfung: 27. Juli 1927.

Einteilung.

Seite

A. Einleitung und Problemstellung 1
B. Versuchsanordnung und -methode 2
C. Experimenteller Teil
  a. Streckenversuche 8
  b. Einfache Flächenversuche 16
  c. Versuche mit Flächen verschiedener Helligkeit 21
  d. Versuche mit verschiedenfarbigen Flächen 29
D. Theoretischer Teil 32
  Zusammenfassung 42
  Verzeichnis der benutzten Literatur 48

A. Einleitung und Problemstellung

Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts war das Interesse naturwissenschaftlich arbeitender Psychologen vornehmlich auf die Untersuchung der Gültigkeit des Weberschen Gesetzes gerichtet. Im Rahmen derartiger Untersuchungen finden sich auch die ersten Beobachtungen über die optische Unterschiedsempfindlichkeit für Extensitäten (Augenmaß).

In dem am Schlusse dieser Arbeit gegebenen Literaturverzeichnis sind die wichtigsten Arbeiten über die optische Unterschiedsempfindlichkeit für Strecken und Flächen zusammengestellt (statt des bisher in der Literatur üblichen Gebrauchs des Wortes „Linie" wird die mathematisch exaktere Bezeichnung „Strecke" verwendet).

Auf eine ausführliche Wiedergabe von Methoden und zahlenmäßigen Ergebnissen der einzelnen Arbeiten wird hier verzichtet. Eine gute Zusammenstellung wichtiger Arbeiten mit gleichzeitiger kritischer Beleuchtung findet sich bei Leeser (36). Mit einigen Vorbehalten kann man wohl sagen, daß die bisherigen Untersuchungen über das Augenmaß für Strecken zu einem gewissen Abschluß gelangt sind. Nicht nur liefern die einschlägigen Arbeiten einen Überblick über die verschiedenen, Schätzung und Vergleich beeinflussenden objektiven und subjektiven Faktoren, sondern sie geben auch, soweit es sich um die neueren Arbeiten handelt, einigermaßen übereinstimmende Antworten auf die Frage nach den zahlenmäßigen Leistungen des Augenmaßes für Strecken.

Von den verhältnismäßig weniger zahlreichen Arbeiten über das Augenmaß von Flächen sind einige für uns von Bedeutung. So liefert schon die erste eingehende Spezialarbeit über das Augenmaß für Flächen, nämlich die von Quantz (50) ein interessantes Ergebnis für den Vergleich von farbigen Kreisflächen, auf das im Laufe der Arbeit eingegangen werden soll.

Die Arbeiten von Baldwin and Shaw (2) und Warren and Shaw (62) bauen auf Massenversuchen auf und fordern die gegen derartige Versuche berechtigten Einwände heraus. Weitere Arbeiten, wie die von Bolton (6), Wolfe (64), Colegrove (12) und Woodworth and Thorndike (66) verwenden entweder wenig geeignete Methoden oder setzen unzulängliche Theorien voraus, so daß sie für die vorliegende Untersuchung nur von geringem Wert sind. Laub (34) läßt Kreisflächen vergleichen, bei denen die Vpp. einmal auf Grund des reinen Flächeneindruckes, bei anderen Versuchsreihen aber unter Abstraktion vom Flächeneindruck nur den vertikalen Durchmesser schätzen sollten, und findet dabei eine etwas genauere Beurteilung der Flächen gegenüber derjenigen der Durchmesser.

Die im Hinblick auf unser Thema wichtigste Arbeit ist die von Otto Leeser (36). Leeser bietet Flächen und Strecken in verschiedenen Ausmaßen im Sukzessivverfahren dar. Zur Darstellung der Flächen verwendet er ein sogenanntes Aubertsches Diaphragma. Er benutzt die Grenzmethode (in einer unvollkommenen Form) und die Konstanzmethode (in einer modifizierten Form). Auf die Ergebnisse der Leeserschen Untersuchung wird ebenfalls im Laufe der Arbeit einzugehen sein.

Zusammenfassend können wir sagen:

Das uns vorliegende Untersuchungsmaterial über das Augenmaß für Flächen ist gering, so daß ein abschließendes Urteil auch in dem einschränkenden Sinne, wie wir es für das Augenmaß für Strecken fällten, nicht möglich ist.

Als bisher unbestritten und bei sämtlichen Untersuchern übereinstimmend können wir nur feststellen, daß die Unterschiedsempfindlichkeit für Flächen, gemessen an der relativen Unterschiedsschwelle, durchweg besser ist als für Strecken. Indessen bedarf gerade diese Feststellung noch der Nachprüfung.

Als noch nicht beantwortet, bzw. noch nicht genügend geklärt bleiben namentlich folgende Fragen bestehen:

1. Lassen sich bei einer den theoretischen Anforderungen hinreichend genügenden Methode und bei hinreichender Zahl von Versuchen und Versuchspersonen exakte Angaben über den zahlenmäßigen Wert der relativen Unterschiedsschwelle für Flächen machen?

2. Lassen sich im Rahmen einer und derselben Versuchsanordnung und Methode quantitative Beziehungen finden zwischen der Schwelle für Strecken und der für Flächen?

3. Existiert ein reiner Flächeneindruck, und ist damit eine unmittelbare Flächenschätzung möglich, bzw. findet sie statt, unabhängig von einer Mitschätzung linearer Extensitäten?

4. Besteht eine generelle Tendenz zu einem Zeitfehler bestimmter Richtung?

5. Desgleichen zu einem Raumfehler in allen Teilen des Gesichtsfeldes?

6. Welchen Einfluß hat die Übung?

7. Im Anschluß an die Nachprüfung der Quantz'schen Ergebnisse über den Einfluß der Farben: welches ist der Einfluß der verschiedenen Farben und der verschiedenen Helligkeiten auf die Flächenschätzung?

Die vorliegende Arbeit verfolgt nun den Zweck, neben der Nachprüfung der wenigen anscheinend feststehenden Ergebnisse zur Lösung einiger der angeführten offenen Fragen beizutragen, soweit dies im Rahmen einer einzelnen Arbeit möglich ist.

B. Versuchsanordnung und Methode

Es gelangte folgende Versuchsanordnung zur Anwendung: Zur Herstellung der Flächen und Strecken diente der sogenannte Wirth'sche Raumapparat (besser Raumschwellenapparat). Er wurde hergestellt von der Firma Zimmermann in Leipzig und ist in deren Katalog Nr. 34 (1922) folgendermaßen beschrieben[1]): „Apparat zur Variation eines Rechteckes hinsichtlich seiner Form und Größe. — Der Apparat wird zur sukzessiven Vergleichung kurzdauernd dargebotener Rechtecke benutzt. Außerdem kann er zu Gedächtnisversuchen, zur Ableitung von Veränderungsschwellen (bei Anschluß an Vorrichtungen zur allmählichen Plattenverschiebung), zur Messung optischer Täuschungen, zur Auswahl ästhetisch wohlgefälliger Formen und nach Anbringung geeigneter Kontakte auch zu Reaktionsversuchen verwendet werden." Er wurde von uns in einer von Ziehen angegebenen, unwesentlich modifizierten Form verwendet.

1) Eine genauere Beschreibung findet sich in: Lohnert, Untersuchung über die Auffassung von Rechtecken, Wundts Psychol. Stud., Bd. 9, 1914, S. 155—160. — Ein ähnlicher Apparat ist der von Chaym konstruierte sogenannte Distanzvariator, welcher es gestattet, die Distanzen von 2 oder 3 Punkten, Strichen usw. beliebig zu variieren. Dieser Apparat soll den Vorzug haben, daß man jeden der Punkte unabhängig von den beiden anderen verschieben kann, sodaß nicht bloß mit der Vergleichsdistanz, sondern auch mit der Hauptdistanz von Versuch zu Versuch gewechselt werden kann. Eine ausführliche Beschreibung findet sich in Spindler und Hoyer's Katalog XXI, Nr. 69, S. 35.

Der Apparat bestand auf einer rechteckigen, schwarzen Metalltafel von der Größe 77 × 50 cm. Diese Tafel konnte, in zwei eisernen Füßen ruhend, an der Kante eines Tisches bequem befestigt werden. Zu einer vor dem Tische sitzenden Vp. war der Apparat dann frontalparallel orientiert. Ursprünglich besaß der Apparat in seiner Mitte eine quadratische Öffnung, welche durch gegeneinander verschiebbare, hinter dem Apparat angebrachte, planparallele Platten in Recktecke und Quadrate beliebiger Größe (soweit die Größe des Diaphragmas selbst es gestattete) umgewandelt werden konnte. Durch eine Reihe von Schnüren, welche über kleine Rollen liefen, konnten diese Veränderungen aus einer der Länge der Schnüre entsprechenden Entfernung vorgenommen werden.

In der von uns angewendeten, abgeänderten Ausführung waren zwei derartige quadratische Diaphragmen vorhanden, deren Entfernung voneinander, von Mittelpunkt zu Mittelpunkt gemessen, etwa 26,5 cm betrug. Zwei Schieber gestatteten es, die Öffnungen nach Bedarf zu verdecken.

Der Vorteil des Vorhandenseins von zwei solchen Öffnungen war der, daß neben einem Nacheinanderexponieren (sukzessives Verfahren) auch ein gleichzeitiges Darbieten (simultanes Verfahren) der Reize ermöglicht wurde.

Durch mehrere Schrauben konnten die unsere Flächen begrenzenden Platten in irgend einer Stellung fixiert und dadurch konstant bleibende Reize hergestellt werden. Die Anordnung dieser Schrauben brachte es weiter mit sich, daß man die Verschiebung der Grenzplatten auch auf zwei bestimmte Stellungen beschränken konnte. Die Verschiebung der Platten konnte sowohl durch die Schnüre, als auch durch einen einfachen Handgrift an der Rückseite unseres Apparates vorgenommen werden. Es konnte also in jedem Diaphragma mit Leichtigkeit ein innerhalb der durch die begrenzenden Teile gegebenen Ausmaße beliebiges Rechteck eingestellt werden.

Um nun die Größe der Flächen ablesen zu können, wurden die Platten über mit Millimetereinteilung versehenen Maßstäben verschoben. Diese gestatteten es, die gegenseitige Entfernung der Platten und damit die Länge der Rechteckseiten auf Millimeter genau abzulesen. ½ Millimeter konnte noch mit dem Auge geschätzt werden. Die Genauigkeit dieser Maßeinteilung genügte aber unseren Anforderungen nicht:

1. Die Einstellung auf eine Genauigkeit von 1 mm und die dauernd notwendige Nachprüfung dieser Einstellung war durch die durch blanke Metallteile bedingte Lichtreflexion und dadurch, daß sich unmittelbar hinter dem Apparat ein Holzgerüst zum Befestigen der Lichtquelle und der farbigen Papiere befand, außerordentlich erschwert.

2. Selbst eine theoretisch exakte Messung bis auf eine Genauigkeit von ½ mm wäre nicht hinreichend gewesen für die geringen Differenzen, um deren Beurteilung es sich bei unserer Arbeit nur handeln konnte.

Aus diesen Gründen wurde die Einstellung mit Hilfe einer Schublehre vorgenommen, die, mit einer Noniuseinteilung versehen, eine unbedingt zuverlässige Ablesung bis auf eine Genauigkeit von $^1/_{10}$ mm gestattete. Auch die des öfteren, zumindest vor und nach jeder größeren Gruppe von Versuchen vorgenommene Kontrolle der Richtigkeit der Einstellung geschah mit einer solchen Schublehre. Dadurch war eine weitgehende Exaktheit in der Herstellung unserer Flächen- und Streckengrößen gewährleistet.

Die Herstellung der Strecken erfolgte auf einfache Weise dadurch, daß die beiden senkrechten Platten einander auf eine passende Entfernung genähert wurden, die dann der objektiven Breite der von hinten erleuchteten Strecke entsprach.

Der ganze Apparat war auf der Schmalseite eines in einem einfenstrigen Zimmer der psychophysischen Sammlung befindlichen Tisches aufgestellt, und zwar auf der der Tür zugekehrten Seite. Tür und Fenster lagen sich gegenüber. Der Längsrichtung des Zimmers entsprach die des Tisches.

Das Zimmer befand sich während der Versuche in einem halbdunklen Zustande, welcher durch Zuziehen der wenig lichtdurchlässigen Vorhänge erzielt wurde. Die auf diese Weise im Zimmer erzielte diffuse Helligkeit änderte sich allerdings je nach der Tageszeit und Bewölkung etwas. Dadurch aber, daß sich zwischen Vp. und Fenster noch der völlig schwarze Apparat befand, das Gesichtsfeld der Vp. von einer bestimmten Reihe ab[1]) außerdem noch durch schwarze Pappwände begrenzt wurde, konnte dieser an sich geringe Wechsel in der Helligkeit vernachlässigt werden. Auch ergaben einige Versuche, die angestellt wurden, um einen evtl. Einfluß verschieden starker diffuser Helligkeiten zu ermitteln, kein positives Resultat. Indessen erscheint nicht völlig ausgeschlossen, daß zumindest bei den späteren Farbenversuchen gelegentlich bei verschiedenen Helligkeiten verschieden starke Kontrastwirkungen sich geltend gemacht haben.

Die Abgrenzung des Gesichtsfeldes geschah durch einen Zylinder aus schwarzer Pappe von etwa 26 cm Durchmesser, der das Gesicht der Vp. in allen Richtungen einschloß. Dieser Zylinder besaß einen Boden, in welchen ein rechteckiges Diaphragma eingeschnitten war, durch welches die Vp. beobachtete. Es wurde dafür Sorge getragen, daß sich beobachtendes Auge und Mittelpunkt des Diaphragmas sowie der Mittelpunkt des Apparates stets in einer annähernd geraden Linie befanden, die beiden gleichzeitig exponierten Reize also symmetrisch zum Zentrum des gesamten Gesichtsfeldes lagen.

Etwa 21 cm hinter unserem Apparat und parallel zu diesem war auf dem Tische ein rechteckiges Holzgerüst aufgestellt, welches mit starkem, weißem Karton bespannt wurde. Unmittelbar an diesen anliegend, wurden die weißen und farbigen Tafeln befestigt. Diese Tafeln hatten eine bestimmte Größe (etwa 25 × 15 cm) und waren unmittelbar gegenüber den rechteckigen Öffnungen aufgehängt.

Zwischen Apparat und Holzgerüst befand sich als Lichtquelle eine gewöhnliche 25kerzige Birne, welche zur Verminderung der Lichtstärke und zur Erzielung diffusen Lichtes mit einem Bogen Seidenpapier umwickelt war. Um eine unnötige Erhellung des Raumes zu vermeiden, war die Birne durch einen Schirm nach oben abgeblendet.

Bei den Strecken erwies es sich aus den unten im Abschnitt „Fehlerquellen" auseinandergesetzten Gründen als notwendig, die Lichtintensität bedeutend herabzusetzen. Dieses geschah dadurch, daß die Birne mit einer Umhüllung aus dunklem Packpapier umgeben wurde, die nur einen Spalt von der Form einer Ellipse (Hauptachse etwa 8 cm, Nebenachse etwa 3 cm) freiließ, durch welchen das Licht auf die hinter dem Diaphragma des Apparates angebrachten weißen Tafeln fiel.

Die Vp. saß auf einem Stuhle in unmittelbarer Nähe der Tür. Die Entfernung des Auges von der Mitte der Ebene unseres Apparates schwankte zwischen 175 und 150 cm. Auge und Mitte des Apparates und damit auch die geometrischen Mittelpunkte unserer Flächen befanden sich bei sämtlichen Versuchen annähernd in gleicher Höhe. Es wurde durchweg monokular geschätzt.

Als Vpp. dienten Studenten im Alter von 18 bis 26 Jahren. Außerdem hatte Herr Geheimrat Ziehen selbst die Liebenswürdigkeit, für eine ganze Reihe von Versuchen als Vp. zu fungieren.

Der Vp. wurde jedesmal e i n Auge mit einer schwarzen Augenbinde verdeckt.

Da mir sämtliche Vpp. persönlich bekannt waren, waren die Feststellungen über eventuelle Vorbildung (z. B. bei Mathematikern und Zeichnern) und etwa vorhandene Übung in ähnlichen Versuchen leicht zu treffen.

---

1) Nach einer Reihe von Versuchen stellte sich nämlich heraus, daß ein links vom Platze der Vp. befindlicher Schrank mit Glastüren insofern sich als Störungsquelle erwies, als das von den Scheiben reflektierte Licht, abgesehen von anderen Störungen, eine Ablenkung der Aufmerksamkeit der Vp. verursachte, Zur näheren Untersuchung dieses Phänomens angestellte Versuche schienen diese Annahme zu bestätigen.

Ferner wurden vor jeder Versuchsreihe neben den objektiven Angaben über Zeit und Dauer des Versuchs aufgenommen und protokolliert: 1. Allgemeinbefinden, insbesondere Stimmung, 2. Zeit der letzten Nahrungsaufnahme, 3. Schlaf, 4. Dauer der an demselben Tage dem Versuch vorhergegangenen geistigen bzw. körperlichen Arbeit.

Folgten bei einer Vp. mehrere Reihen hintereinander, so wurden der Länge der Reihen entsprechende, längere oder kürzere Erholungspausen eingeschoben.

Zur Anwendung gelangte die Methode der richtigen und der falschen Falle (Methode der konstanten Reize), und zwar durchweg bei simultaner Darbietung der Reize und Beschränkung auf nur zwei Differenzen (also keine „Vollreihen"!).

Durch Vorversuche wurden die ungefähren Reizdifferenzen festgestellt, bei denen sich mehr als 50 Prozent und weniger als 100 Prozent richtige Fälle ergaben. Diese Differenzen bezogen sich auf die (stets vertikalen) Strecken, bzw. bei den Flächen auf die Höhe. Die konstante Breite der Strecken betrug 1,2 mm[1]), die der Flächen 30 mm. Verglichen wurden die dargebotenen Extensitäten nach einem bestimmten Rooster[2]), der sich bei derartigen Versuchen und auch auf anderen psychologischen Gebieten bisher gut bewährt hatte.

Die Versuche selbst gingen folgendermaßen vor sich: Die Vp. nahm auf ihrem Stuhle Platz. Beide Öffnungen waren durch die zugehörigen Klappen verdeckt. Nachdem die Instruktion gegeben und die Strecken bzw. Flächen eingestellt worden waren, wurden die Klappen nacheinander geöffnet. Der Frage, ob und inwieweit dieses Nacheinanderöffnen Einfluß auf die Ergebnisse hatte, wurde in besonderen Versuchsreihen nachgegangen. Die Vp. hatte beliebig viel Zeit, um ihr Urteil abzugeben. Es standen ihr dabei die Urteile „größer", „gleich", „zweifelhaft", s t e t s b e z o g e n a u f d e n g r ö ß e r e n R e i z, zur Verfügung. Im Laufe der Versuche erwies es sich aber als notwendig, diese Urteile mehrfach zu modifizieren, so daß die Vp. schließlich folgende fünf Urteile zur Verfügung hatte:

1. Viel größer im Sinne von auffällig größer,
2. Größer,
3. Etwas größer im Sinne von nicht ohne Zweifel größer,
4. Zweifelhaft s. str., d. h. ein Größenunterschied wird erkannt, die Richtung desselben bleibt aber ungewiß[3]),
5. Gleich.

Diese Urteile wurden durch die gesamte Arbeit hindurch beibehalten. Vp. Z. sowie gelegentlich auch andere Vpp. hatten außerdem noch das Urteil „sehr viel größer" zur Verfügung.

Sofort nach Abgabe des Urteils wurden die Flächen (Strecken) verdeckt und dieses, sowie evtl. Bemerkungen, protokolliert. Daran anschließend wurde das dem Rooster entsprechende nächste Reizpaar eingestellt und exponiert.

Die Einstellung war mit unvermeidlichen Geräuschen verknüpft, die durch das Aufeinanderklappen der Metallteile bedingt waren. Da nun nach unserem Rooster gelegentlich dieselben Konstellationen in der Raumlage der beiden Reize aufeinander folgten, hätte sich in solchem Falle eine erneute Einstellung eigentlich erübrigt. Um nun aber dadurch der Vp. keinen Anhaltspunkt für die Abgabe des nächsten Urteils zu geben, wurden in solchem Falle an dem Apparat Hantierungen vorgetäuscht.

---

1) Streng genommen handelt es sich also bei beiden Strecken um s e h r schmale Flächen.

2) Vv, Vv, vV, Vv, vV, vV, Vv, vV, vV, Vv (V entspricht dem größeren, v dem kleinerem Reiz. Bei Vv liegt der größere Reiz links, der kleinere rechts. Bei vV entsprechend umgekehrt. Vgl. über die Symbolik Ziehen, Fortschr. d. Psychol. Bd. 1, 1913.)

3) Diejenigen zweifelhaften Fälle, in denen auch zweifelhaft blieb, ob überhaupt ein Größenunterschied bestand, wurden also zu „Gleich" gerechnet.

Das ganze Verfahren war für sämtliche Vpp. streng unwissentlich. Mit Ausnahme von Vp. Z. war auch keine der Vpp. mit der Konstanzmethode vertraut.

Die Versuchsanordnung und -methode waren sowohl für die Schätzung der beiden Flächen wie für Strecken dieselben.

Nur beim Vergleich verschiedener farbiger Flächen und einigen Reihen des Vergleichs weißer Flächen machte sich eine Modifikation in der Versuchsanordnung und Instruktion erforderlich. Es konnten hier nämlich naturgemäß nur objektiv inhaltsgleiche Flächen zur Exposition gelangen. Um die Unwissentlichkeit auch hierbei zu wahren, wurden die oben beschriebenen scheinbaren Einstellungen hier ebenfalls vorgenommen. Außerdem aber wurde der Vp. ausdrücklich gesagt, daß die Flächen verschieden seien, hin und wieder aber auch einige gleiche vorkommen könnten. Zur Bekräftigung dieser Instruktion wurden Vexierversuche eingeschoben, d. h. zwei Flächen mit einer trotz der Farbenwirkung noch bestimmt übermerklichen Größendifferenz dargeboten.

Sämtliche Vpp. wurden mit Hilfe der Nagelschen Proben auf ihre Farbentüchtigkeit untersucht. Irgendwelche Anzeichen von Farbenblindheit konnten bei keiner Vp. festgestellt werden.

Soweit es notwendig erschien, wurde bei einzelnen Vpp. die Sehschärfe mit Hilfe der Kernschen Probetafeln untersucht[1]).

Protokolliert wurden die Ergebnisse in der üblichen Weise. Die Urteile für die verschiedenen Raumlagen wurden getrennt aufgeführt. V entsprach dem größeren, v dem kleineren Reiz. Die Schreibweise Vv bedeutet, daß der größere Reiz links, der kleinere rechts lag; für vV war die Raumlage die entgegengesetzte. In je einer Rubrik wurden dann die richtigen, falschen, gleichen und zweifelhaften Fälle untergebracht. Die z. B. bei dem Urteil „größer" möglichen Modifikationen in „viel größer" und „etwas größer" wurden durch Ausrufe- bzw. Fragezeichen hinter der Ordnungszahl des betr. Versuches dargestellt. Bei den Reihen der Vp. Z. wurde mit zwei Ausrufe- bzw. Fragezeichen hinter den entsprechenden Urteilen gearbeitet.

Um nun die richtigen Urteile prozentual zur Gesamtzahl der Einzelversuche ausdrücken zu können, mußten die gleichen und zweifelhaften Fälle (u-Fälle) auf die richtigen und falschen Urteile verteilt werden. Entsprechend dem Vorschlag von Fechner sind die u-Fälle zunächst zu gleichen Teilen verteilt worden. Die Zahl der so gewonnenenen „r'" ist also aus $r + u/_2$ entstanden. Dieses r' wurde prozentual zur Gesamtzahl der in dieser Raumlage abgegebenen Urteile ausgedrückt und mit R' bezeichnet. Die Prozentzahlen R' wurden auf ganze Zahlen abgerundet.

Diese Verteilungsmethode involviert nun den Nachteil, daß, wenn beispielsweise viel richtige und wenig falsche Urteile abgegeben worden waren oder umgekehrt, die Unterschiede stark nivelliert wurden; d. h. es blieb wohl die Differenz zwischen den Zahlen der richtigen und falschen Fälle dieselbe, nicht aber deren Verhältnis zueinander. Bei Reihen, wo entweder dieses für die Fechnersche Verteilung ungünstige Verhältnis vorlag, oder es uns überhaupt auf eine genauere zahlenmäßige Betrachtung ankam, wurde daher eine andere Berechnung vorgenommen.

Die gleichen und zweifelhaften Fälle wurden hier nämlich im Verhältnis der richtigen und falschen Urteile auf diese verteilt[2]). Wenn x denjenigen Teil der u-Fälle bedeutet, die hierbei zu den richtigen zu addieren sind (u—x, also den zu den falschen gehörigen Teil darstellt), so läßt sich x folgendermaßen berechnen:

---

1) Diese Tafeln wurden in der früheren Armee zur Untersuchung der Sehschärfe verwendet

2) Vgl. Ziehen, l. c. S. 281.

$$r : f = x : (u - x)$$

$$x = \frac{r \cdot u}{r + f}$$

Wurde $r + x$ als r'' bezeichnet, so ergab sich

$$r'' = r + \frac{r \cdot u}{r + f} = \frac{r\,(r + f + u)}{r + f}$$

und da $r + f + u$ die Gesamtzahl n der in der betreffenden Raumlage abgegebenen Urteile bedeutet:

$$r'' = \frac{n \cdot r}{r + f}$$

R'' erhält man durch prozentuale Umrechnung auf die Zahl n. Die Abrundung wurde wie oben vorgenommen.

Auch die Verwendung dieser Berechnungsmethode enthält eine Schwierigkeit. Wenn nämlich überhaupt keine falschen Urteile vorhanden sind, entfallen sämtliche unentschiedenen Urteile auf die richtigen. Es ergibt sich R'' in diesem Falle mit 100 %, was offenbar den Tatbestand nicht adaequat wiedergibt: denn ebenfalls 100 % würden sich ergeben, wenn nur richtige Urteile, also überhaupt keine falschen u n d unentschiedenen Fälle, vorhanden gewesen wären. Im zweiten Falle haben die 100 % also eine ganz andere Bedeutung wie im ersten. Man wird dementsprechend gut tun, bei Betrachtung der Ergebnisse stets auch die tatsächlichen Zahlen für die richtigen, falschen und unentschiedenen Fälle zu berücksichtigen. Gegebenenfalls muß beim Auftreten des Grenzfalles, d. h. beim Fehlen von falschen und gleichzeitigem Vorhandensein von unentschiedenen Urteilen, auf diese proportionale Verteilungsweise verzichtet werden.

Es wurde dann das arithmetische Mittel aus R' für Vv und R' für vV berechnet. Das Mittel gibt einen Anhaltspunkt für die ungefähre Lage der Unterschiedsschwelle (im folgenden als US bezeichnet). Unter Unterschiedsschwelle sei dabei mit Fechner und G. E. Müller diejenige Reizdifferenz verstanden, bei der, Anwendung unserer Methode vorausgesetzt, gerade eben mehr als 50 % richtige Urteile abgegeben werden.

Zur Berechnung des arithmetischen Mittels führt folgende Überlegung. Die für die verschiedenen Reihen gefundenen Werte R' zeigen im allgemeinen keine Übereinstimmung, sondern ein starkes Überwiegen für eine bestimmte Raumlage. Es wird also e i n e Raumlage bevorzugt, d. h. eine dargebotene Strecke wird in dieser Lage häufiger für größer gehalten als in der anderen Lage. Wir müssen also schließen, daß diese Überschätzung[1]) einmal auf der tatsächlichen Differenz zwischen den beiden Reizen beruht, und zum anderen auf einem zweiten Faktor. Es darf nun mit Fechner vorausgesetzt werden, daß ein solcher Faktor, der eine der Strecken in einem bestimmten Maße größer erscheinen läßt, die andere in demselben Maße für kleiner halten läßt, nicht also etwa seinen absoluten Betrag mit Änderung der Raumlage ebenfalls ändert. Unter dieser Voraussetzung und solange sich nicht nur lauter richtige Fälle ergeben, wird durch Bildung des arithmetischen Mittels aus den Werten von R' der Faktor, der in diesen einmal positiv und einmal negativ enthalten ist, eliminiert. Denn, wenn nur die absolute Differenz zwischen den beiden Reizen maßgebend wäre, müßten sich für jede Raumlage, abgesehen von durch zufällige Abweichungen bedingten Schwankungen, annähernd gleichviel richtige Fälle ergeben. R sei die Prozentzahl der richtigen Fälle, die in diesem Falle zu erwarten wäre, R_1 und R_2 seien in Prozenten die tatsächlich gefundenen Zahlen für die beiden Raumlagen. Mit q seien in Prozenten diejenigen richtigen Fälle bezeichnet, die vermöge des bestimmten Vorzeichens von q sich gewissermaßen in der einen Raumlage zu R addieren, in der anderen von R subtrahieren. Dieses q sei, dem Vorschlag von Fechner entsprechend, als Raumfehler bzw. Maß dieses Raumfehlers bezeichnet. Der Raumfehler

---

1) Die Ueberschätzung hat hier natürlich nur relativen Charakter und bedeutet eine Vergrößerung der Zahl der richtigen Urteile in einer bestimmten Raumlage gegenüber der anderen.

wird nach Fechner als positiv bezeichnet, wenn er ein relatives Überschätzen des links gelegenen Reizes bedingt. Wird der rechts gelegene Reiz überschätzt, so ist der Raumfehler negativ.

Es ergibt sich also z. B. beim Vorhandensein eines positiven Raumfehlers (d. h. $R_1 > R_2$): $R_1 = R + q$

$$R_2 = R - q.$$

Daraus ergibt sich durch Addition: $R = \frac{R_1 + R_2}{2}$ [1])

und durch Subtraktion: $q = \frac{R_1 - R_2}{2}$

C. Experimenteller Teil

a) Streckenversuche.

Unsere Untersuchungen wurden begonnen mit Studenten als Vpp. Die bei diesen Versuchen gewonnenen Ergebnisse sind in der vorliegenden Arbeit aber nicht wiedergegeben worden, bzw. werden nur gelegentlich zum Vergleich herangezogen. Die wichtigsten und ertragreichsten Versuche wurden mit Herrn Geheimrat Ziehen als Vp. angestellt. Waren doch hier in jeder Richtung zuverlässige und vollständige Ergebnisse, namentlich was die Selbstbeobachtung der Vp. anlangt, zu erwarten. So bauen gewisse Modifikationen der Versuchsanordnung, die sich als notwendig erwiesen hatten, vorzugsweise auf den Ergebnissen der Selbstbeobachtungen dieser Vp. auf.

Der oben wiedergegebene Urteilsstandard erfuhr für Vp. Z. (Vp. Ziehen) eine Abänderung insofern, als zwischen die Urteile „etwas größer" und „zweifelhaft" das Urteil „spurweise größer" mit einem ? bzw. zwei ?? eingeschoben wurde (siehe oben S. 5).

Bei der ersten mit Vp. Z. hergestellten Reihe waren Augenbewegungen beliebig gestattet. Der Vergleich fand also im direkten Sehen statt. Von der zweiten Reihe ab wurde ohne Augenbewegungen, also im indirekten Sehen, gearbeitet. Die völlige Vermeidung von Augenbewegungen erwies sich aber selbst bei dieser Vp. als unerwartet schwierig. Die Streckenvergleiche fanden sämtlich mit dem rechten Auge statt. Deshalb wurde bereits vor dem Aufziehen der Klappen ein in der Mitte zwischen den beiden Strecken gelegener, von Vp. anfänglich selbst auszuwählender, später durch eine weiße Marke bezeichneter Punkt fixiert.

Bei Vermeidung von Augenbewegungen erschien nun das Urteil der Vp. selbst äußerst unsicher, so daß die oben erwähnte Folge der Urteilsabstufungen sich nicht immer durchführen ließ.

Bei den Reihen 9 und 10 (siehe unten) gibt Vp. jedesmal bei an sich unveränderter Versuchsanordnung und Methode an, wann das Urteil schwankend war, d. h. wenn das Urteil vor der endgültigen Abgabe erst einige Male hin und her schwankte. Diese Urteile wurden in den Protokollen besonders gekennzeichnet.

Weiter wurde aus theoretischen Gründen in sämtlichen Reihen nach jedem 5. Versuche ein Vexierversuch, bestehend aus zwei gleichen Reizen (abwechselnd VV und vv), eingeschoben und ebenfalls protokolliert, so daß also jede Reihe aus je 60 Einzelversuchen und je 12 Vexierversuchen bestand. Die Zahl der ersteren wurde nach Fechners Vorschlag mit n bezeichnet; für die Zahl der Vexierversuche wurde die Bezeichnung p gewählt. Der Rooster war der Vp. unbekannt, auch die Reihenfolge der Vexierversuche wurde der Vp. nicht mitgeteilt.

---

1) Auf mancherlei Bedenken, denen diese Entwicklung in dieser Fassung ausgesetzt ist, kann hier nicht eingegangen werden.

Es wurden durchweg die Vormittagsstunden Juni und Juli 1926 für die Versuche benutzt. Die Reihen 9—12 wurden im Januar 1927 hergestellt.

Als bedeutsame Modifikation der Versuchsanordnung erwies sich die folgende: Für die Reihen 1 bis 4 und 9 bis 12 wurde stets die linke Klappe zuerst aufgezogen, der auf dieser Seite gelegene Reiz also zuerst exponiert. In den Reihen 5 und 6 wurde mit dieser Reihenfolge gewechselt. In den Reihen 7 und 8 wurden die beiden Klappen gleichzeitig geöffnet.

Im folgenden ist eine Übersicht über sämtliche hergestellten Reihen eingefügt:

Reihe:	Differenz:	Augen-bewegungen:	Reihenfolge der Klappenöffnung:
1	1,5	mit	l — r
2	2,0	ohne	l — r
3	1,0	ohne	l — r
4	1,0	ohne	l — r
5	1,0	ohne	r — l
6	1,0	ohne	r — l
7	1,0	ohne	gleichzeit.
8	1,0	ohne	gleichzeit.
9	1,5	ohne	l — r
10	1,5	ohne	l — r
11	1,5	mit	l — r
12	1,0	mit	l — r

Es seien zuerst die bei gleicher Reihenfolge l—r der Klappenöffnung gewonnenen Reihen untersucht. Eliminieren wir auf Grund unserer oben angestellten Überlegungen den Raumfehler, so finden wir folgende Werte:

Reihe:	Augen-bewegungen:	Differenz:	Prozentzahl der r-Fälle Fechner	proport. Vert.:
1	mit	1,5	78	87
2	ohne	2,0	82	100
3	ohne	1,0	65	70
4	ohne	1,0	66	79
9	ohne	1,5	76	95
10	ohne	1,5	74	88
11	mit	1,5	93	98
12	mit	1,0	78	91

Es ergeben sich hieraus unter allen den Vorbehalten, die durch die geringe Zahl der unter gleichen Bedingungen stehenden Reihen usw. involviert werden, folgende Sätze:

1. Es existieren keine Verkehrtheiten i. S. G. E. Müllers, d. h. der größeren Differenz entspricht stets die größere Zahl richtiger Fälle für dieselben Versuchsbedingungen.

2. Die Übereinstimmung der Resultate zweier unter denselben Bedingungen angestellten Reihen, wie z. B. 3 und 4 sowie 9 und 10, ist eine außerordentlich große bei Fechnerscher Verteilung der u-Fälle. Minder gut ist die Übereinstimmung bei proportionaler Verteilung.

3. Ein Vergleich der Reihen 1, 11, 12 mit 2, 3, 4, 9, 10 zeigt bei Fechnerscher Verteilung eine etwas größere Prozentzahl richtiger Fälle für die Reihen mit Augenbewegungen gegenüber den Reihen ohne solche. Bei proportionaler Verteilung ist dieses Verhältnis nicht ganz so auffällig.

Betrachten wir für dieselben Reihen den Verlauf des Raumfehlers, bei dem uns nur Vorzeichen und ungefähre Größe interessieren, so finden wir q in % (die erste Zahl ist bei Fechnerscher Verteilung, die zweite, in Klammern beigefügte, bei proportionaler Verteilung gewonnen worden):

Reihe Nr. 1: + 15 (10) %; 2: + 10 (0) %; 3: + 13 (17) %;
4: + 1 (— 2) %; 9: + 9 (2) %; 10: + 11 (9) %.

Der Wert o bei proportionaler Verteilung bei Reihe 2 kommt dadurch zustande, daß hier der schon erwähnte Grenzfall vorliegt, bei dem sich überhaupt keine falschen Fälle ergeben. Dadurch erklärt sich oben auch der Wert 100 % r-Fälle in dieser Reihe.

Offenbar stellt dieser Wert o für den Raumfehler aber nicht den tatsächlichen Sachverhalt dar. Es ergeben sich nämlich für diese Reihe in den Raumlagen Vv und vV 25 und 13 richtige und 5 und 17 unentschiedene (gl + z) Urteile. Also involviert diese Reihe doch einen ganz bestimmten Raumfehler, welcher bei proportionaler Verteilung verdeckt wird.

Wir werden in den Fällen, wo wir unsere Betrachtung nicht nur auf die tatsächlichen Zahlen der abgegebenen Urteile beschränken werden, uns mit dem Fechnerschen Verteilungsmodus begnügen und nur gelegentliche stichprobenartige Vergleiche mit den bei der anderen Verteilungsart gewonnenen Zahlen vornehmen.

Bei der Betrachtung des Raumfehlers ergibt sich also, daß dieser für die Vp. Z.:

1. positive Tendenz zeigt,

2. in seiner Größenordnung[1]) interserial stark variabel erscheint.

Es seien hier schließlich die Raumfehler für die einzelnen Fraktionen jeder Reihe zusammengestellt, wobei wir uns wieder auf dieselben Reihen beschränken. Wenn die Reihen gedrittelt wurden, ergaben sich folgende Zahlen als Maß des Raumfehlers, wobei wieder die Fechnersche Verteilung vorgenommen wurde:

	in Prozent:		
Reihe	I.	II.	III. Drittel
1	13	20	13
2	15	10	5
3	20	15	5
4	10	—8	0
9	8	10	10
10	20	3	10

Wir können auf Grund dieser Zahlen mit einiger Sicherheit unseren beiden oben gezogenen Folgerungen über den Verlauf des Raumfehlers noch folgende hinzufügen, nämlich, daß der Raumfehler für Vp. Z.:

3. auch intraserial stark variabel erscheint,

4. intraserial meistens eine abnehmende Tendenz zeigt.

Was die in Folgerung 3 auf Seite 9 erwähnte Frage nach Änderung der Zahl der r-Fälle bei Reihen mit und ohne Augenbewegungen anbetrifft, so ergibt sich, daß im direkten Sehen die Zahl der r-Fälle anscheinend größer ist als im indirekten Sehen. Im folgenden seien die entsprechenden Reihen nach Elimination des Raumfehlers nochmals zusammengestellt:

Reihe:	Differenz:	Augenbewegungen:	Fechnersche	Proport. Verteilg.
1	1,5	mit	78	87
9	1,5	ohne	76	95
10	1,5	ohne	74	88
11	1,5	mit	93	98
3	1,0	ohne	65	70
4	1,0	ohne	66	79
12	1,0	mit	78	91

Besonders deutlich ergibt sich eine solche Vermehrung bei Berücksichtigung der Reihen mit der Differenz 1,5 mm. Die m-Reihe (= Reihe mit Augenbewegungen) 1 ergibt bei Fechnerscher Verteilung etwas mehr richtige Fälle als die o-Reihen (= Reihe ohne Augenbewegungen) 9 u. 10.

---

1) Der Begriff Größenordnung ist hier natürlich nicht in mathematischem Sinne zu verstehen, sondern bedeutet gewissermaßen eine „gröbere Größenordnung".

Wesentlich mehr richtige Fälle zeitigt die Reihe 11. Es muß dabei aber beachtet werden, daß zwischen den Reihen 1 einerseits und 11 andererseits ein außerordentlicher Übungsunterschied liegt. Dieser Übungsunterschied kommt natürlich auch den Reihen 9 und 10 zugute. Dadurch findet die Tatsache, daß das Übergewicht der m-Reihe 11 gegenüber den o-Reihen 9 und 10 ein wesentlich stärkeres ist als das der m-Reihe 1 gegenüber 9 und 10, wohl eine befriedigende Erklärung.

Weniger Bedeutung werden wir allerdings den Reihen mit der Differenz 1 mm beimessen können. Wenn hier die m-Reihe 12 richtige Fälle mehr liefert als die o-Reihen 3 und 4, so kann das natürlich auch an der zunehmenden Übung gelegen haben.

Mit einigem Vorbehalt können wir wohl sagen, daß Augenbewegungen die Streckenschätzung nicht unwesentlich erleichtern.

Es sei hier noch eine Bemerkung über den Gang der Ergebnisse der Gleichversuche eingeschoben. Wir finden in diesen eine Bestätigung der bisherigen Feststellungen, daß nämlich die linke Strecke durchweg überschätzt wurde.

Es konnte bei unserer Versuchsanordnung a priori nicht entschieden werden, ob überhaupt und welchen Einfluß die Reihenfolge des Öffnens der Klappen und damit die Reihenfolge der Exposition der Reize, also, dadurch bedingt, ein eventueller Zeitfehler, Einstellung der Aufmerksamkeit usw., auf die Ergebnisse, zumindest auf die Ergebnisse in den einzelnen Raumlagen, ausübte. Zu diesem Zweck wurden neben den Reihen, die wir bisher im wesentlichen nur besprochen hatten, und bei denen zuerst stets die linke Klappe geöffnet worden war, noch je zwei Versuchsreihen angestellt, bei denen die rechte Klappe zuerst geöffnet wurde, und solche, bei denen beide Klappen gleichzeitig geöffnet wurden.

Am meisten geeignet zu einem Vergleich sind die Reihen, die unter denselben Bedingungen gewonnen wurden. Es sind dies die Reihen 3 bis 8, für welche die Differenz sämtlich 1,0 mm betrug. Die Reihenfolge der Klappenöffnung ist aus der obigen Zusammenstellung ersichtlich. In der unten folgenden Tabelle sind unter Verwendung der oben festgelegten Terminologie die zahlenmäßigen Ergebnisse dieser Reihen zusammengestellt.

Unter Vv—vV befinden sich die Differenzen von r, R', R'' der beiden Raumlagen. Die Reihenfolge Vv—vV ist gewählt worden einmal entsprechend der Definition des Raumfehlers und zum anderen, um nach Möglichkeit positive Werte zu bekommen. Unter AM. sind schließlich die arithmetischen Mittel der richtigen Fälle eingetragen worden, welche sich in je zwei zusammengehörigen, unter gleicher Reihenfolge der Klappenöffnung hergestellten Reihen ergeben hatten; das sind also die arithmetischen Mittel aus den Reihen 3 und 4; 5 und 6; 7 und 8.

rechtes Auge, ohne Augenbew. — Differenz 1,0 mm; n = 60

Reihe Klappe	Vv r	Vv r'	Vv R'	Vv r''	Vv R''	vV r	vV r'	vV R'	vV r''	vV R''	Vv—vV r	Vv—vV R'	Vv—vV R''	Arithm. M. r	Arithm. M. R'	Arithm. M. R''
3 l—r	20	23,5	78	26	87	6	15,5	52	16	53	14	26	34	8	14	16
4 l—r	14	20	67	23	77	12	19,5	65	24	80	2	2	-3			
5 r—l	17	22	73	26	87	13	19	63	22	73	4	10	14	2	3	4
6 r—l	13	19	63	22	73	13	20	67	24	80	0	-4	-7			
7 gleichz.	14	20,5	68	25	83	7	15	50	15	50	7	18	33	7	20	33
8 gleichz.	17	22,5	75	27	90	10	16	53	17	57	7	22	33			

Eine genauere Betrachtung dieser Zahlen, die hier in ihrer Ausführlichkeit nicht wiedergegeben werden kann, führte zu folgenden Ergebnissen für Vp. Z.:

1. Auch unabhängig von der Reihenfolge der Klappenöffnung existiert ein (überwiegend) positiver Raumfehler.
2. Die Reihenfolge der Klappenöffnung hat c. p. wahrscheinlich zur Folge, daß der zuerst exponierte Reiz eine relative Überschätzung erfährt.
   Aus der Fraktionierung der Reihen ergab sich:
3. Der Einfluß der Reihenfolge der Klappenöffnung verliert sich wahrscheinlich im Laufe einer Reihe, d. h. er nimmt wie der Raumfehler an absoluter Größe ab.

Vorzugsweise wird uns natürlich neben der Feststellung, daß ein Raumfehler, und zwar ein positiver, überhaupt existiert, die Erklärung dieser Tatsache interessieren. Soweit in der Literatur (vgl. insbesondere Volkmann (61), Halbierung einer horizontalen Strecke) das Auftreten eines positiven Raumfehlers sicher festgestellt worden ist, hat man sich meistens mit dieser Feststellung begnügt, beziehungsweise keine oder nicht ausreichende Erklärungen gegeben.

Vergegenwärtigen wir uns also den Tatbestand: Für die Raumlage Vv (d. h. größerer Reiz links, kleinerer rechts; vgl. S. 5 Anm. 2) ergaben sich durchweg wesentlich mehr richtige Urteile als für die Raumlage vV. Das galt vorzugsweise für den Fall, daß die linke Klappe zuerst geöffnet und damit der linke Reiz zuerst exponiert wurde. Wurde der rechte Reiz früher als der linke exponiert, oder wurden beide Reize gleichzeitig dargeboten, so verringerte sich zwar stets die Zahl der r-Fälle der Raumlage Vv, aber auch jetzt überwogen noch die r-Fälle gegenüber der Raumlage vV. Wir mußten daraus schließen, daß offenbar nicht die Reihenfolge der Klappenöffnung allein für den positiven Raumfehler verantwortlich gemacht werden kann, sondern daß irgendwelche anderen Faktoren mit im Spiel sind. Alle bisherigen Erfahrungen deuten darauf hin, daß mit der relativen Überschätzung des linken Reizes die Aufmerksamkeit in ursächlichem Zusammenhang steht.

Es ist eine feststehende Tatsache, daß eine gesehene Strecke bei Zuwendung der Aufmerksamkeit länger, bei Ablenkung derselben kürzer erscheint. Eine völlig ausreichende Erklärung für dieses Verhalten zu finden, ist bis heute noch nicht gelungen. Man könnte etwa vermuten, daß Zirkulationsveränderungen in den betreffenden Partien der Großhirnrinde beteiligt sind. Experimente behufs einer einschlägigen Untersuchung würden auch mit gewissen Schwierigkeiten verbunden sein. Ziehen[1]) weist darauf hin, daß eine Beobachtung bei abgelenkter Aufmerksamkeit — eine solche müßte ja dann ebenfalls stattfinden — geradezu einen Widerspruch involviert. Wir sind also auf gelegentliche Feststellungen angewiesen. Solche finden sich beispielsweise bei Schumann[2]). Bei dessen Vpp. traten weiße Streifen, die Gruppen von schwarzen Kreisflächen voneinander trennen, gelegentlich willkürlich oder unwillkürlich „im Bewußtsein" hervor. In solchem Falle erscheinen diese Streifen dann breiter als andere von objektiv gleicher Breite. Allerdings handelt es sich hier um flächenhafte Eindrücke. Eine Vergrößerung der Extensität durch Zuwendung der Aufmerksamkeit stellten weiterhin fest neben G. E. Müller[3]) z. B. auch Benussi[4]).

---

1) Leitfaden, S. 491.
2) Zeitschr. f. Psychol. Bd. 23, S. 9; Bd. 24, S. 3; Bd. 30, S. 241.
3) Zeitschr. f. Psychol. Ergbd. 8, 1913, S. 390.
4) Z. Ps. Bd. 51, 1909, S. 86.

Ziehen findet übrigens ähnliche Erscheinungen auf dem Gebiete der Berührungsempfindungen[1]).

Es ist somit eine Zunahme der Extensität auf ein anderes psychologisches Moment, die Aufmerksamkeit, zurückgeführt worden. Zu untersuchen ist nun, weshalb die Aufmerksamkeit sich vorzugsweise auf den nasal gelegenen, also auf dem temporalen Teil der Netzhaut abgebildeten Reiz richtet. (Es handelt sich immer um das rechte Auge.)

Offenbar läßt sich dies auf mehrere Weisen erklären:

1. Die Aufmerksamkeit ist nicht unmittelbar beteiligt, sondern infolge hier nicht zu erörternder psychophysiologischer und anatomischer Bedingungen im Aufbau des optischen Sinnesapparates, vorzugsweise also der Struktur der Netzhaut, ist die Empfindungsintensität (-schärfe bzw. -klarheit) für den linken Reiz größer als für den rechten. Das bedingt eine „Anziehung" der Aufmerksamkeit. Die Extensität der Empfindung erfährt daher eine Vergrößerung auf dem beschriebenen Wege über die Aufmerksamkeit[2]).

2. Infolge unserer Gewohnheit[3]), von links nach rechts zu lesen und zu schreiben, wendet sich die Aufmerksamkeit vorzugsweise zunächst dem linken Reiz zu.

Es erscheint nun wahrscheinlich, daß nicht einer der beiden Faktoren, sondern beide gleichzeitig wirksam sind. Man wird sich ihre Wirksamkeit etwa folgendermaßen vorstellen können. Die Aufmerksamkeit wendet sich zunächst dem nasalen Reiz nicht nur infolge der Lesegewohnheit zu, sondern auch infolge seiner größeren Empfindungsintensität und -schärfe. Dadurch wird nämlich die Assimilierbarkeit dieser Empfindung erhöht. Assimilierbarkeit und Empfindungsintensität sind aber wesentlich mitbestimmende Faktoren bei dem Kampf um die Auswahl einer bestimmten E. (= Empfindung) im Akt des Aufmerkens, der Entscheidung, welche von zwei gegebenen E. Gegenstand der Aufmerksamkeit werden soll. Die Aufmerksamkeit wiederum führt bekanntermaßen zu einer Zunahme der sog. Klarheit und damit zu einer Zunahme von Intensität und Extensität der Empfindung.

Im folgenden wollen wir zuerst die Reihen ohne Augenbewegungen (o-Reihen) berücksichtigen.

Die Aufmerksamkeit betrifft, wie wir gesehen haben, primär durchweg den nasalen Reiz und richtet sich dann sekundär auf den anderen Reiz, um das Urteil zu „suchen". Dieses Wandern braucht nicht nur e i n mal stattzufinden, sondern wird sogar wahrscheinlich mehrmals hin und her erfolgen. Beide Empfindungen bleiben als solche bestehen. Diejenige, die gerade unter dem Einfluß der Aufmerksamkeit steht, wird die beschriebenen Veränderungen erfahren. Es sei die Summe aller Modifikationen der Empfindungen, die nach unserer Auffassung durch die Aufmerksamkeit zustande kommen, als „Aufmerksamkeitsfehler" bezeichnet. Wir wollen ferner übereinkommen, diesem Aufmerksamkeitsfehler dieselben Vorzeichen wie dem Raumfehler zuzuordnen, also ihn als positiv zu bezeichnen, wenn er eine scheinbare Vergrößerung des links liegenden Reizes, als negativ, wenn er eine solche des rechts liegenden Reizes zur Folge hat.

---

1) Bei takiler Schätzung von ausgefüllten und leeren Strecken findet Helen Dodd Cook (Arch. f. d. ges. Psych. Bd. 16, 1910, S. 418): „Das Richten der Aufmerksamkeit auf eine der zwei zu vergleichenden Strecken mehr als auf die andere verursacht eine subjektive Vergrößerung der betreffenden Strecke."

2) Es wäre übrigens sehr wohl möglich und ist auch wiederholt behauptet worden, daß die Endigungen des Sehnerven im temporalen Teil der Netzhaut dichter liegen, daß deshalb demselben Reizstück im temporalen Netzhautabschnitt eine größere Zahl von Erregungen zugeordnet ist, und daß schon aus diesem Grunde, also ganz unabhängig von der Aufmerksamkeit, eine nasale Reizstrecke größer erscheint.

3) Eingehende Erörterungen über die Annahmen 1 und 2 habe ich nicht gefunden. Interessant wäre es, an Angehörigen von Völkern, die von rechts nach links zu schreiben gewöhnt sind, Untersuchungen über die Größe und namentlich das Vorzeichen des Raumfehlers vorzunehmen. Es wäre dazu wohl in erster Linie der Lehmannsche Augenmaßapparat geeignet. Ein Versuch, arabische Mitglieder einer durch Halle ziehenden Gauklertruppe zu meinen Untersuchungen zu gewinnen, mißlang. — Der Gedanke, Kinder, die noch nicht schreiben und lesen können, zu verwenden, ist abwegig, da im vorschulpflichtigen Alter das Verständnis für solche Versuche nicht ausreichen dürfte.

Eine Schwierigkeit ergibt sich allerdings bei der Bestimmung des Vorzeichens dieses Fehlers. Denn es handelt sich ja nicht um den Vergleich eines Erinnerungsbildes mit einer Empfindung, wie er für die Entstehung eines gewöhnlichen Zeitfehlers, beispielsweise für einen Sukzessivvergleich überhaupt, gefordert werden muß, sondern um einen stark modifizierten Simultanvergleich. Diese Modifikation besteht darin, daß, wenn es sich um o-Reihen handelt, bei der beschriebenen Versuchsanordnung (S. 8) mit Fixationsmarke beide Reize im indirekten Sehen erschienen. Wenn wir für einen Augenblick voraussetzen, daß das Urteil gefunden wird auf Grund einer einmaligen Wanderung der Aufmerksamkeit vom ersten Reiz zum zweiten, so läßt sich vermuten, daß derjenige von zwei objektiv gleichen Reizen für größer gehalten wird, dem sich gerade im Moment der Urteilsabgabe die Aufmerksamkeit zuwendet. Wir würden also, wenn der erste Reiz derjenige sein soll, dem die Aufmerksamkeit sich zuerst zuwendet, von einem negativen Aufmerksamkeitsfehler in dem obigen Sinne sprechen können. Zur definitiven Bestimmung des Vorzeichens müßte man allerdings neben der obigen noch zwei weitere Voraussetzungen machen. Nämlich erstens müßte die Aufmerksamkeit sich in jedem Einzelversuche zuerst stets ein und demselben Reiz, beispielsweise dem linken, zuwenden, und zweitens müßte die Latenzzeit zwischen dem Moment, in dem sich die Aufmerksamkeit dem zweiten Reiz zuwandte, und dem Moment der Abgabe des Urteils länger sein als die Zeit, während der die Aufmerksamkeit auf den ersten Reiz gerichtet war, oder aber müßte ihr mindestens gleich sein. Denn sonst könnte man sich denken, daß der zuerst unter dem Einfluß der Aufmerksamkeit stehende Reiz die Extensität der zugehörigen E. derart vergrößerte, daß der zu zweit mit Hilfe der Aufmerksamkeit beobachtete Reiz auf jeden Fall kleiner erscheinen muß. Man hätte dann also einen positiven Fehler. Viel wahrscheinlicher ist aber, daß nicht nur ein einmaliges Wandern der Aufmerksamkeit erfolgt, sondern die Aufmerksamkeit verschiedene Male hin und her geht. Man kann dann erwarten, daß die einseitige Bevorzugung eines bestimmten Reizes allmählich aufgehoben wird dadurch, daß beide Reize alternierend an Extensität durch die Aufmerksamkeit gewinnen. Dann wird natürlich das Finden des Urteils sehr erschwert sein. Es ist immerhin nicht anzunehmen, daß beide E.s einen gleichen Extensitätszuwachs erfahren. Je nach der Konstellation der einzelnen Faktoren wird dann mehr oder weniger mühelos das richtige Urteil gefunden oder bei ungünstiger Konstellation ein u- oder gar f-Urteil abgegeben. Mit dieser Vermutung scheint die Erfahrung übereinzustimmen. Es ergab sich nämlich fast durchweg, daß, wenn es den Vpp. nicht gelungen war, das Urteil sofort zu finden, dieses nach längerem Suchen meist „z" hieß. Manche Einwände bleiben freilich offen.

Eine andere sehr interessante Beobachtung gehört hierher. Ich gewann nämlich den bestimmten Eindruck, daß allenthalben, namentlich bei jüngeren Vpp., aber auch bei Vp. Z., für das Finden eines Urteils über die Raumlage vV mehr Zeit gebraucht wurde als für die Raumlage Vv.

Die bisherigen Erörterungen bezogen sich auf den Fall, daß eine Modifikation durch die Reihenfolge der Klappenöffnung nicht eintrat. Überlegen wir, was bei ungleichzeitiger Klappenöffnung zustandekommen mußte! Das Auge fixiert den weißen Kreidepunkt, die linke Klappe wird geöffnet. Es entsteht eine Empfindung im indirekten Sehen. Natürlich wendet sich die Aufmerksamkeit jetzt nur dieser Strecke zu. Es können jetzt alle die oben erwähnten Empfindungsveränderungen eintreten. Nach einem Intervall von etwa 2 Sekunden — so viel verging durch die notwendigen Hantierungen — trat der zweite Reiz in das Sehfeld. Offenbar war nun die von diesem hervorgerufene E., auch abgesehen von dem objektiven Reizunterschied, im Augenblick des Öffnens der zweiten Klappe wesentlich anderer Art als die erste in diesem Augenblick: denn sie war ja im ersten Augenblick noch keinerlei Aufmerksamkeitsveränderungen unterworfen. Die Aufmerksamkeit beginnt jetzt aber ihre Wanderung nach dem zweiten Reiz. Wieder wird es für die Raumlage Vv leichter sein, das richtige Urteil

zu finden als für vV, da ja in letzterem Falle wieder jener Konflikt eintritt. Jedenfalls hatte die linke Strecke offenbar eine bevorzugte Stellung gegenüber der rechten inne, die in der zeitlichen Aufeinanderfolge begründet liegt. Wir haben es also mit einer Art Zeitfehler zu tun. Allerdings ist auch dies kein Zeitfehler, wie er beim reinen Sukzessivvergleich vorkommt, sondern ein eben durch besondere Aufmerksamkeitsschwankungen bedingter.

Aus der Besprechung ging hervor, daß also die linke Strecke eine von der Aufmerksamkeit besonders bevorzugte Stellung einnahm. Diese Bevorzugung erfährt eine wesentliche Erhöhung, wenn die linke Klappe zuerst geöffnet wird. Es scheint, daß dann die Aufmerksamkeit eine Neigung hat, an dem zuerst gesehenen linken Reiz stärker zu haften; er wird gewissermaßen als der Normalreiz angesehen. Man kann sich also sehr wohl denken, daß während des ganzen Vergleichsaktes die Aufmerksamkeit für den ersten Reiz eine dominierende Stellung einnimmt. Weiter ist allerdings anzunehmen, daß der Einfluß dieser dominierenden Stellung allmählich abnimmt. Das fortwährende Wandern der Aufmerksamkeit wird auch die Empfindungsextensität des anderen Reizes allmählich erhöhen. Es findet also eine gewisse Korrektur statt, wobei durchaus nicht notwendig ist, daß diese von isoliert bewußten psychischen Prozessen begleitet ist. Nach den Resultaten der Reihen 3 und 4 (l — r) und 5 und 6 (r — l) muß angenommen werden, daß diese Korrektur nicht nur während des Einzelvergleichs, sondern sogar während einer Reihe intraserial stattfand. Damit ließe sich dann vielleicht auch die intraseriale Abnahme der Größe des Raumfehlers sowie der im Laufe der Reihe allmählich abnehmende Einfluß der Reihenfolge der Klappenöffnung (bei den Reihen ohne Augenbewegungen) erklären. Diese Abnahme fand nämlich sowohl beim l — r- wie beim r — l-Öffnen statt.

Die Tatsache, daß der durch das ungleichzeitige Öffnen der Klappen bedingte Zeitfehler sich anders verhält als der gewöhnliche Fechnersche Zeitfehler bei Sukzessivvergleichen, erklärt sich ohne weiteres dadurch, daß eben kein wirklicher Sukzessivvergleich vorliegt, sondern der erstgesehene Reiz dauernd sichtbar bleibt.

Vergleichen wir nunmehr die zahlenmäßigen Ergebnisse des Raumfehlers der verschiedenen Reihen! Aus der Zusammenstellung auf Seite 11 ergibt sich der Raumfehler für die Reihen 3 bis 8 mit + 13, + 1, + 5, — 2, + 9, + 11 % bei Fechnerscher Verteilung der u-Fälle. Die entsprechenden Zahlen für den anderen Verteilungsmodus sind + 17, — 2, + 7, — 4, + 17, + 17 %. (Halbierung der Zahlen unter Vv—vV.)

Unter allen Vorbehalten, die wir trotz der Zuverlässigkeit dieser Vp., vorzugsweise wegen der geringen Menge des Beobachtungsmaterials und wegen der Schwankungen in der Größe des Fehlers machen müssen, finden wir bei diesen Zahlen doch gewisse Tendenzen. Er scheint nämlich, daß bei Vp. Z. tatsächlich die Reihenfolge der Klappenöffnung ihren Einfluß so ausübt, daß die Strecke, die zuerst exponiert wird, gelegentlich eine gewisse relative Überschätzung erfährt. Es entspricht durchaus unseren Erwartungen, daß dieser Einfluß, soweit er vorhanden ist, nicht sehr groß ist.

Im ganzen betrachtet, werden wir aber dem Einfluß der Zeitverhältnisse der Klappenöffnung nur wenig Bedeutung zusprechen.

Der Raumfehler stellt sich somit als Resultierende folgender Komponenten dar:

1. der Aufmerksamkeit, die sich primär meistens dem linken Reiz zuwendet,
   a) auf Grund physiologischer Bedingungen,
   b) der Lese- und Schreibgewohnheit;
2. des Aufmerksamkeitsfehlers auf Grund der Aufmerksamkeitswanderungen;

3. der Reihenfolge der Klappenöffnungen, welche sich in einem Zeitfehler in modifiziertem Sinne, d. h. in einer stärkeren Fesselung der Aufmerksamkeit durch den ersten Reiz, äußert.

Wenn wir die außerordentlich große Mannigfaltigkeit der einzelnen Faktoren, ihre Variabilität und gegenseitige Beeinflussung berücksichtigen, rücken auch die außerordentlichen Differenzen interindividueller und intraindividueller Art in eine andere Beleuchtung.

Der Vollständigkeit halber muß hier erwähnt werden, daß die Reihen auch Untersuchungen über den Einfluß von Übung und Ermüdung unterzogen wurden, d. h. also der intraseriale Gang der Urteile durch geeignete Fraktionierung der Reihen betrachtet wurde. Doch sind diese an sich sehr interessanten Einzelergebnisse für die vorliegende Arbeit nicht von solcher Bedeutung, daß auf ihre Wiedergabe nicht verzichtet werden könnte.

Auch ein Eingehen auf die an sich immerhin beachtenswerte Verteilung der von Vp. als schwankend bzw. zweifelhaft bezeichneten Urteile soll hier nicht stattfinden.

Es lag nicht im Auftragsbereich der vorliegenden Arbeit, irgend welche exakt quantitativen Schwellenberechnungen zu versuchen. Ohne darauf Gewicht legen zu wollen[1]), seien einige kurze Zahlenangaben gemacht. Es wurde die Berechnung vorgenommen aus den Reihen 3 und 4 einerseits, 9 und 10 andererseits.

Nach Elimination des Raumfehlers ergeben sich bei Fechnerscher Verteilung der u-Fälle:

Reihe 3	65 %	richtige Fälle
„ 4	66 %	„ „
„ 9	76 %	„ „
„ 10	74 %	„ „

Jede der Reihen 3 und 4 kann mit jeder der Reihen 9 und 10 kombiniert werden, und außerdem können die Mittelwerte aus 3 und 4 und 9 und 10 miteinander kombiniert werden. Im ganzen sind also fünf Kombinationen möglich.

Aus diesen Zahlen ergaben sich folgende Werte:

Aus den Reihen 3 und 9	0,40 mm
„ „ „ 3 „ 10	0,25 mm
„ „ „ 4 „ 9	0,30 mm
„ „ „ 4 „ 10	0,11 mm
„ „ „ 3, 4 und 9, 10	0,28 mm

Wenn man also dieser Berechnung überhaupt irgend einen Wert beimißt, kann man sagen, daß die Schwelle für diese Vp. etwa bei $^1/_5$ bis $^1/_3$ mm liegen dürfte.

b) Einfache Flächenversuche.

Verglichen wurden von Vp. Z. zwei simultan dargebotene, objektiv gleiche, weiße Flächen von der Breite 30 und der Höhe 50 mm, die also die Situation vv darstellten. Sämtliche Versuche fanden einäugig statt. Mit jedem Auge wurden gleichviel Reihen hergestellt. Die Entfernung des jeweilig benutzten Auges der Vp. von dem in der Mitte zwischen den beiden Rechtecken gelegenen (hier nicht besonders markierten) Punkte betrug ca. 150 cm. Die Instruktion und die Urteilsstufenfolge waren dieselben wie bisher. Vp. beurteilte zuerst die Breite, dann die Höhe und gab schließlich ein Urteil über den Gesamtflächeneindruck (unabhängig von dem Teileindruck der Breite und Höhe) ab. Augenbewegungen waren der Vp. beliebig gestattet. Das ganze Verfahren war für Vp. Z. nicht völlig unwissentlich. Vp. wußte, daß es sich um Gleichversuche handelte, und daß in einem ihr unbekannten Wechsel Vexierversuche ($V = 30 \times 51{,}5$) eingeschoben wurden.

1) Um exakte Zahlen zu erhalten, wären vor allem Vollreihen unbedingt erforderlich.

Im folgenden werden zunächst die Reihen für das rechte Auge, mit welchem die weiß/weiß-Vergleiche begonnen worden waren, untersucht. Es werden zuerst nur die Gleichversuche berücksichtigt. Es sind dies die Reihen 1, 2, 3a, 6b. Die Reihe 6b wurde hergestellt in unmittelbarer Folge auf eine Reihe mit dem linken Auge. Es sollte nämlich festgestellt werden, ob und welchen Einfluß das Vorangehen einer linksäugig beurteilten Reihe gegebenenfalls gehabt hat.

Es ergab sich folgende Verteilung der Urteile l>, r>, u (= Summe aus gl- und z-Fällen) auf die Breiten-, Höhen- und Flächenschätzung:

	Urteile:	Breite:	Höhe:	Fläche:
Reihe 1	l>	44	22	55
n = 80	r>	1	0	0
	u	35	58	25
Reihe 2	l>	54	40	59
n = 80	r>	2	0	0
	u	24	40	21
Reihe 3a	l>	27	22	36
n = 40	r>	0	0	0
	u	13	18	4
Reihe 6b	l>	14	8	17
n = 20	r>	5	0	0
	u	1	12	3

Es seien zur Abkürzung die gleichartigen Urteile l>, r> usw. addiert und so eine Gesamtreihe geschaffen, und zwar nur für die Reihen 1, 2 und 3a. Das auf diese Weise entstandene n = 200 deckt sich nämlich mit dem n der später angeführten Gesamtreihen des Vergleiches farbiger Flächen. Hier ergibt sich:

Urteile:	Breite:	Höhe:	Fläche:
l>	125	84	150
r>	3	0	0
gl	72 } 72	114 } 116	44 } 50
z	0 }	2 }	6 }

Wenn überhaupt kein Raumfehler bestimmter Richtung vorhanden wäre, hätte die Vp. sämtliche Urteile auf „gleich" abgeben müssen, oder aber etwaige zufällige Abweichungen hätten sich bei hinreichend großem n ausgleichen müssen. Nennen wir den Raumfehler wieder q, so erhalten wir:

$$l' = \frac{n}{2} + q$$

$$r' = \frac{n}{2} - q$$

Daraus ergibt sich $q = \frac{l' - r'}{2}$, wobei wir uns in bezug auf Festlegung des Vorzeichens wieder nach der Fechnerschen Terminologie richten.

Einfacher bekommen wir allerdings q, wenn wir die halbe Differenz aus den reinen (ohne Fechnersche Verteilung der u-Fälle) Zahlen der l- und r-Urteile bilden. Die zu gleichen Teilen zu diesen hinzugefügten u-Urteile würden bei der Subtraktion sowieso herausfallen, so daß es sich letzten Endes doch nur um eine Berücksichtigung der reinen l- und r-Urteile handeln würde. Im folgenden ist der Raumfehler auch stets auf diese einfache Weise berechnet worden. Die Anwendung der proportionalen Verteilungsmethode erscheint hier nicht angängig, da bei diesen Reihen fast niemals r>-Urteile vorkommen, also der bekannte Grenzfall sich ergeben würde.

Wenn man q nun auf diese Weise berechnet, so ergeben sich folgende Zahlen in Prozenten:

Reihe:	Breite:	Höhe:	Fläche:
1	+ 27	+ 14	+ 34
2	+ 33	+ 25	+ 37
3a	+ 34	+ 28	+ 45
6b	+ 23	+ 20	+ 43

Aus der oben angegebenen Gesamtreihe wurde q mit
+ 31 % für die Breite,
+ 21 % für die Höhe,
+ 38 % für die Fläche gefunden.

Sowohl aus sämtlichen Einzelreihen wie aus der Gesamtreihe ergeben sich also folgende Schlüsse:

1. Es existiert ein starker Raumfehler mit positivem Vorzeichen,
2. Der Raumfehler ist stets am größten für den reinen Flächenvergleich, etwas kleiner für die Beurteilung der Breite und wesentlich kleiner für den Höhenvergleich.

Schließlich wurden die Reihen fraktioniert, und zwar nur in bezug auf die Gleichversuche, um eventuelle Einflüsse von Übung und Ermüdung festzustellen. Es zeigte sich etwa bis zur Mitte jeder Reihe oft eine Zunahme und am Schluß fast stets eine Abnahme der u-Urteile; fehlerhafte Links- und Rechtsüberschätzungen (trotz Gleichheit der Reize) nehmen also — zusammengerechnet — oft anfangs ab und in der zweiten Hälfte der Serie zu. Die Höhenvergleiche der Reihe 1 machen allerdings eine schwer verständliche Ausnahme. In Anbetracht der zahlreichen Fehlerquellen ist aber auf diese Zahlen kein großes Gewicht zu legen.

Unter denselben Gesichtspunkten wie die rechtsäugigen Reihen wurden die mit dem linken Auge[1]) hergestellten Reihen untersucht.

Für die Gleichversuche ergaben sich hier folgende Zahlen:

	Urteil:	Breite:	Höhe:	Fläche:
Reihe 3b	l >	8	12	9
n = 20	r >	8	0	4
	u	4	8	7
Reihe 4	l >	41	60	62
n = 80	r >	9	0	0
	u	30	20	18
Reihe 5	l >	42	21	47
n = 60	r >	0	0	0
	u	18	39	13
Reihe 6a	l >	9	16	20
n = 40	r >	4	0	2
	u	27	24	18

Wieder in einer Gesamtreihe dargestellt, lauten die Zahlen folgendermaßen:

Urteile:	Breite:	Höhe:	Fläche:
l >	100	109	138
r >	21	0	6
gl } u	71 } 79	77 } 91	39 } 56
z } u	8 } 79	14 } 91	17 } 56

Der wie oben berechnete Raumfehler zeigt in % folgende Werte:

Reihe:	Breite:	Höhe:	Fläche:
3b	+ 0	+ 30	+ 13
4	+ 20	+ 38	+ 39
5	+ 35	+ 18	+ 39
6a	+ 6	+ 20	+ 23

1) Leichter Refraktionsunterschied, der aber bei der in Betracht kommenden Entfernung der Reize kaum eine Rolle spielen dürfte.

Aus der Gesamtreihe wurde q mit:
+ 20 % für die Breite,
+ 27 % für die Höhe,
+ 33 % für die Fläche gefunden.

Für sämtliche Reihen sowie natürlich auch für die Gesamtreihe ergibt sich auch für das linke Auge die Tatsache, daß der (positive) Raumfehler am größten ist für den Flächenvergleich. Der Raumfehler ist in allen mit Ausnahme der Reihe 5 für den Breitenvergleich kleiner als für den Höhenvergleich. Diese Ausnahme der Reihe 5 würde sich auch bei einer Berechnung des Raumfehlers aus den Ungleichversuchen dieser Reihe ergeben. Es sei aber darauf hingewiesen, daß Vp. vor der Herstellung dieser Reihe durch unmittelbar vorhergehende schwierige geistige Arbeit erschöpft war. Ebenso, wie es ja fest steht, daß Unterschiedsempfindlichkeit, Raumfehler u. dergl. für vertikale und horizontale Strecken verschieden sind, ist es vielleicht nicht von der Hand zu weisen, daß die Ermüdung den Breiten- und Höhenraumfehler verschieden beeinflußt hat. Doch sei diese Vermutung nur unter allen Vorbehalten ausgesprochen. Die übrigen Reihen zeigen jedenfalls einen Gegensatz zu den für das rechte Auge gemachten Feststellungen. M. E. kann das eine plausible Erklärung finden. Denn für das rechte Auge der Vp. bestand — die durchweg rechtsäugigen Streckenversuche waren den Flächenvergleichen vorausgegangen — eine außerordentliche Übung. Diese Übung wird sich, da ja nur vertikale Strecken verglichen worden waren, vorzugsweise auf vertikale Extensitäten überhaupt, d. h. also in unserem Falle auf die Höhe, erstreckt haben. Dadurch mag für das rechte Auge die Tatsache zustande gekommen sein, daß die Höhe besser als die Breite, für die bisher noch keine Übung vorhanden war, beurteilt wurde, oder mit anderen Worten, daß der Raumfehler für den Höhenvergleich einen geringeren absoluten Betrag als für den Breitenvergleich aufwies. Denn daß die Größe des Raumfehlers in funktionaler Abhängigkeit von Übung und Ermüdung steht, hatte sich bereits bei den Streckenuntersuchungen ergeben, und wird bei unseren Flächenreihen bestätigt. Von früheren Untersuchern wissen wir aber, daß im allgemeinen horizontale Strecken besser beurteilt werden als vertikale. Vgl. Hegelmeyer, Chodin, Volkmann u. a. Deren Feststellungen werden also gewissermaßen bestätigt durch unsere Resultate für das linke Auge der Vp., welches für keine bestimmte Dimension von vornherein eine Übung sich erworben hatte. Wir werden aber doch gut tun, diesen Erklärungsversuch vorläufig nicht vorbehaltlos hinzunehmen.

Es mögen aus den Gesamtreihen die Werte des Raumfehlers des linken und rechten Auges gegenübergestellt werden, und zwar für die Gleichversuche:

	linkes	rechtes Auge:
Breite	20 %	31 %
Höhe	27 %	21 %
Fläche	33 %	38 %

Der Raumfehler scheint also für das rechte Auge für Breite und Fläche größer, für die Höhe kleiner als für das linke Auge zu sein.

Aus der Fraktionierung der Reihen ergaben sich ähnliche Tendenzen wie bei den Reihen für das rechte Auge. Es findet eine intraseriale Übungszunahme und damit Vermehrung der richtigen, d. h. gleichen Fälle etwa bis zur Mitte der Reihe statt. Von da ab scheint die Ermüdung einzusetzen und eine Vergrößerung des absoluten Betrages des Raumfehlers mit sich zu bringen.

Insgesamt ergeben sich aus den vorliegenden Reihen folgende Schlüsse:

1. Sowohl für das rechte wie für das linke Auge existiert ein starker positiver Raumfehler.

2. Es ergab sich sowohl für die Flächen wie für die Breiten der positive Raumfehler des linken Auges etwas geringer als für das rechte Auge (ein exakter Nachweis ließe sich nur dann führen, wenn beide Augen sich auf genau gleicher Übungsstufe befänden). Auffällig ist jedenfalls, daß die

wenigen Urteile r >, die überhaupt auftraten, fast nur bei den Vergleichsversuchen mit dem linken Auge abgegeben wurden. (Vgl. dazu die Anmerkung auf Seite 18.)

3. Der Raumfehler nimmt wahrscheinlich sowohl für die Fläche wie für die einzelnen Dimensionen intraserial durch Übung ab, durch Ermüdung zu.

4. Bei einem für jede Dimension ungeübten Auge scheint der Raumfehler am größten für die Fläche und am geringsten für die Breite zu sein.

Aus der Absicht heraus, gewisse aus den Ungleichversuchen sich ergebende Resultate einer Nachprüfung zu unterziehen, wurde mit Vp. Z. eine weitere Reihe Flächenvergleiche hergestellt, und zwar wurden u n g l e i c h e Flächen mit der Höhendifferenz 1,5 mm durch das rechte Auge beurteilt. Nach jedem 4. Versuche wurde ein Gleichversuch eingeschoben. Versuchsanordnung und Methode blieben unverändert. Als Rooster gelangte der bisher bei den Streckenversuchen gebrauchte zur Anwendung. Der zeitliche Unterschied zwischen dieser Reihe und den übrigen Flächenvergleichungen betrug etwa ¾ Jahr.

Es ergibt sich folgende Zahlenverteilung:

		Breite:			Höhe:		Fläche:	
		Vv	vV		Vv	vV	Vv	vV
n = 60	1>	16	29	r	28	10	27	3
	r>	5	0	f	0	7	2	25
	gl	9	1	gl	2	11	1	2
	z	0	0	z	0	2	0	0

Wird der Raumfehler wie oben eliminiert (vgl. Anm. S. 16), so ergeben sich nach Fechnerscher bzw. proportionaler Verteilung als Prozentzahlen der richtigen Fälle:

Fechnersche		Proportionale Verteilung	
Höhe	Fläche	Höhe	Fläche
76%	53%	80%	53%

d. h. es wird die Höhe wesentlich besser beurteilt als die Fläche.

Der Raumfehler liefert folgende Zahlen:

Breite		Höhe		Fläche	
Vv	vV	Vv	vV	Vv	vV
+ 18%	+ 48%	+ 21%		+ 39%	
+ 33%					

Der Raumfehler ist also am kleinsten für die Höhe, größer für die Fläche und liegt in der Mitte für die Breite. Für die Raumlage vV ist der Raumfehler des Breitenurteils größer als für die Raumlage Vv. Wir wollen hier nur die Tatsache feststellen. Es wird auf diese Erscheinung bei der Besprechung des „Relativfaktors" später ausführlich zurückzukommen sein. Durch Fraktionierung der Reihe ergibt sich für die Höhe eine ständige Abnahme der Zahl der richtigen Fälle; für die Fläche findet ein Anstieg mit nachfolgendem Abfall statt. Es scheint also für die Höhe von vornherein ein Maximum der Einstellung und Anregung vorhanden gewesen zu sein. Damit würde die Annahme eines interserialen Übungseinflusses, den wir aus den Streckenversuchen, die den Flächenvergleichen vorausgingen, glaubten schließen zu dürfen, übereinstimmen. Es muß hier außerdem erwähnt werden, daß mit Vp. etwa 3 Wochen vor dieser Reihe der Flächenvergleiche 4 Reihen Streckenversuche zu n = 60 angestellt worden waren, also die Übung für Beurteilung einer senkrechten Dimension sicher einen ziemlich hohen Grad erreicht hatte. In den einzelnen Fraktionen ergibt sich R' nach Elimination des Raumfehlers folgendermaßen:

	I.	II.	III. Drittel
Höhe	+ 83%	+ 83%	+ 58%
Fläche	+ 40%	+ 68%	+ 50%

Es scheint also die Höhenbeurteilung eine Übungszunahme überhaupt nicht mehr erfahren zu haben, während die Beurteilung der Fläche sehr

wohl noch einer Vermehrung der Zahl der R'-Fälle fähig war (von 40 % auf 68 %). Der Wendepunkt für das Einsetzen der Ermüdung scheint für Höhen- und Flächenbeurteilung derselbe gewesen zu sein.

Was den intraserialen Gang des Raumfehlers anbetrifft, so ergibt sich für Höhe und Fläche eine wesentliche Zunahme. q beträgt im

	I.	II.	III. Drittel
für die Höhe	+ 18%	+ 18%	+ 28%
„ „ Fläche	+ 35%	+ 33%	+ 50%

Die Zunahme ist also eine etwas stärkere für die Fläche als für die Höhe. Dieser Anstieg des Raumfehlers läßt wohl auf eine relativ frühzeitig einsetzende Ermüdung bei der Vp. schließen.

Der Raumfehler der Breite ist, wie wir sahen, geringer für die Lage Vv und stärker für die Lage vV. In der Raumlage Vv besteht anscheinend eine Tendenz zur Zunahme des absoluten Betrages, in der Lage vV bleibt der absolute Betrag in sämtlichen Fraktionen ziemlich konstant. q betrug für

	Vv			vV		
im	I.	II.	III.	I.	II.	III. Drittel
	± 0%	+ 30%	+ 25%	+ 50%	+ 45%	+ 50%

Aus den Ergebnissen der Raumlage Vv könnte man vielleicht auch schließen, daß dieses später als Relativfaktor bezeichnete Moment, welches den Raumfehler in dieser Raumlage verkleinerte, im Laufe der Reihe allmählich an Wirksamkeit verloren hat. Wir gelangen also zu folgenden Ergebnissen:

1. Für das Breitenurteil scheint eine gewisse Abhängigkeit von der Höhe insofern zu bestehen, als eine Fläche mit größerer Höhe bei objektiv konstanter Breite gelegentlich für schmäler gehalten wird als eine Fläche mit kleinerer Höhe.

2. Vergleichungen vertikaler Strecken scheinen zur Folge zu haben, daß ein interserialer Übungseinfluß sich dahin geltend macht, daß bei späteren Flächenvergleichungen die Höhendimension relativ besser beurteilt wird, d. h. ein Auge, welches vertikale Strecken beurteilt und sich dadurch eine entsprechende Übung erworben hatte, liefert mehr richtige Fälle beim Vergleich von Höhen (und Flächen) als ein Auge, für welches eine derartige Übung nicht bestand.

c) Versuche mit Flächen verschiedener Helligkeit.

Es wurden von Vp. Z. unter denselben Bedingungen wie bisher jetzt weiße und graue, also verschieden „helle" Flächen miteinander verglichen, und zwar nur mit dem rechten Auge. Im ganzen sind 6 Reihen mit insgesamt 400 Gleichversuchen und 96 Ungleichversuchen vorhanden. Diese 496 Versuche zerfallen zu gleichen Teilen in solche, bei denen weiß links und grau rechts, und solche, bei denen weiß rechts und grau links lag. Für die Ungleichversuche wurde außerdem ständig mit der Raumlage der größeren Fläche gewechselt. Es wurden wieder für jede Raumlage, also weiß/grau und grau/weiß die gleichartigen Urteile l >, r >, usw. addiert und auf diesem Wege Gesamtreihen hergestellt. Für die Raumlage weiß/grau (weiß links, grau rechts) wurde diese Reihe mit A, für grau/weiß mit B bezeichnet. Höhendifferenz bei den Ungleichversuchen 1,5 mm.

α) Gleichversuche.

In der folgenden Zusammenstellung sind die auf die Gleichversuche entfallenden Urteile angegeben. Es bedeutet z. B. in Reihe 1 die Zahl 25 unter „Breite", daß das Urteil „linke Breite größer" (l >) unter 40 (n) Fällen 25mal abgegeben wurde.

weiß/grau					grau/weiß			
Reihe	Breite:		Höhe:	Fläche:	Reihe	Breite:	Höhe:	Fläche:
1	l>	25	15	31	2	l> 20	6	16
n = 40	r>	10	5	2	n = 40	r> 6	6	8
	gl	2	15	2		gl 6	22	6
	z	3	5	5		z 8	6	10
3	l>	54 (26)	39 (21)	60 (31)	4	l> 27 (11)	22 (13)	19 (9)
n = 80	r>	5 (3)	2 (0)	0 (0)	n = 80	r> 27 (17)	7 (3)	19 (11)
	gl	2 (0)	18 (9)	0 (0)		gl 19 (6)	43 (18)	19 (6)
	z	19 (11)	21 (10)	20 (9)		z 7 (6)	8 (6)	23 (14)
5	l>	61 (31)	44 (21)	70 (35)	6	l> 22 (8)	19 (10)	6 (3)
n = 80	r>	7 (6)	5 (5)	0 (0)	n = 80	r> 17 (10)	3 (2)	22 (9)
	gl	11 (2)	31 (14)	4 (0)		gl 37 (18)	54 (24)	30 (14)
	z	1 (1)	0 (0)	6 (5)		z 4 (4)	4 (4)	22 (14)

Um einen Vergleich der Reihen 3 bis 6, für die n = 40 betrug, zu ermöglichen, sind hinter den Zahlen der Reihen mit n = 80 in Klammern die Ergebnisse derselben Reihen, aber nur für n = 40, eingetragen worden, und zwar nicht errechnet etwa durch Division der Zahlen der ursprünglichen Reihe durch 2, sondern durch Zusammenfassung der ersten 40 Versuche.

Rechnet man die gleichartigen Reihen zusammen, so ergibt sich in der Verteilung der l> -Urteile auf Breite, Höhe und Fläche folgende Rangordnung in der weiß/grau- und der grau/weiß-Lage:

weiß/grau: Fläche (97), Breite (82), Höhe (57);
grau/weiß: Breite (39), Höhe (29), Fläche (28).

Hierzu muß allerdings bemerkt werden, daß in den Reihen 4 und 6 die Zahlen umgekehrte Verhältnisse zeigen, und daß dies deshalb in den Gesamtzahlen nicht zur Geltung kommt, weil die l> -Urteile in diesen Reihen auffällig selten sind. Eine Erklärung für dieses auffällige Verhalten vermag ich nicht zu geben.

Die Verteilung der gl- und z-Fälle auf die einzelnen Raumlagen ergibt bei vollständiger Berücksichtigung der Reihen 3 bis 6:

gl	weiß/grau	grau/weiß
Breite	15	62
Höhe	64	119
Fläche	6	55
z		
Breite	23	19
Höhe	26	18
Fläche	31	55

Besonders interessant ist also:

1. Sowohl für jede einzelne Dimension wie für die Fläche sind für grau/weiß wesentlich mehr gl-Fälle als für weiß/grau vorhanden.
2. Die z-Fälle sind für die Breite und Höhe für weiß/grau etwas zahlreicher als für grau/weiß. Für die Fläche liegt die Sache hingegen umgekehrt.

Wenn die Zahl der l> -Urteile diejenige der r> -Urteile in der weiß/grau-Lage in höherem Maße übertrifft als in der grau/weiß-Lage (vgl. die Tabelle S. 23), so findet diese Tatsache eine einfache Erklärung in dem für die letztere Lage vorhandenen Konflikt der das Augenmaß beeinflussenden Faktoren. Es ist bekannt und wird durch diese Reihen bestätigt, daß helle Flächen c. p. gegenüber weniger hellen überschätzt werden. In der weiß/grau-Lage wirken nun der bekannte positive Raumfehler und der Helligkeitsfaktor additiv nebeneinander. In der entgegengesetzten Lage hingegen sind diese beiden Momente — von anderen Faktoren sei hier abgesehen — antagonistisch zueinander eingestellt und befinden sich in dem bekannten Konfliktzustande (wobei der Raumfehler die Oberhand zu be-

halten scheint). Nicht nur aus den Erfahrungen auf anderen psychologischen Gebieten, sondern auch aus den Ergebnissen unserer Streckenuntersuchungen wissen wir, daß die aus derartigen Konflikten hervorgehende Resultierende im allgemeinen außerordentlichen Schwankungen ausgesetzt ist. Derartige Schwankungen scheinen auch hier vorhanden zu sein.

Um nun quantitative Aussagen über die Wirksamkeit des Helligkeitsunterschiedes überhaupt machen zu können, ist es erforderlich, entweder den Raumfehler zu eliminieren, oder aber diejenigen Zahlen miteinander zu vergleichen, die sich bei gleicher Raumlage von V und v, aber wechselnder Stellung von weiß und grau, ergaben. Eine Elimination des Raumfehlers ist natürlich aus einer einzelnen Reihe nicht möglich, da ja mit der Helligkeitsraumlage während derselben Reihe nicht gewechselt worden war, bzw. aus technischen Gründen bei unserer Versuchsanordnung ein solcher Wechsel in einfacher Weise nicht möglich war. Diese Tatsache involviert nun eine gewisse Schwierigkeit, denn es ist die Frage, welche Reihen weiß/grau und grau/weiß miteinander zu vergleichen sind. Aus den Arbeiten früherer Autoren und auch aus unseren bisherigen Ergebnissen ist bekannt, daß die das Augenmaß beeinflussenden Faktoren, wie Raumfehler, jeweilige Disposition der Vp. und dergleichen zu verschiedenen Zeiten außerordentlich variable Wirkungen ausüben. Weiter ist beim Vergleich von Extensitäten, wie sich aus den Streckenversuchen ergeben hat, auch der Einfluß interserialer Übung nicht zu unterschätzen. Nach alledem erscheint leider vorläufig erforderlich, auf die Kombination irgendwelcher bestimmter Reihen ganz zu verzichten und nur durch Addition sämtlicher für dieselbe Raumlage weiß/grau bzw. grau/weiß gewonnenen gleichartigen Urteile wieder eine Gesamtreihe herzustellen (s. o.).

Aus der vorigen Tabelle ergibt sich dann für die weiß/grau-Lage die Gesamtreihe A:

	Breite:	Höhe:	Fläche:
l >	140	98	161
r >	22	12	2
gl	15	64	6
z	23	26	31

und für die grau/weiß-Lage die Gesamtreihe B:

	Breite:	Höhe:	Fläche:
l >	69	47	41
r >	50	16	49
gl	62	119	55
z	19	18	55

Ein gewisses quantitatives Maß des Einflusses der Helligkeit und des Raumfehlers bekommen wir nun auf Grund folgender Überlegung. In Reihe A sind z. B. die 140 Urteile l > offenbar vorzugsweise zustande gekommen infolge des Zusammenwirkens von Raumfehler und Helligkeit. In Reihe B wirkten für die Erzeugung der 69 Urteile l > Raumfehler und Helligkeit antagonistisch zueinander. Nehmen wir für die u-Fälle (gl + z) die Fechnersche Verteilung[1]) vor — es ergeben sich dann in Reihe A (weiß/grau) für die

	Breite:	Höhe:	Fläche:
l >	159	143	179,5
r >	41	57	20,5

in Reihe B (grau/weiß):

	Breite:	Höhe:	Fläche:
l >	109,5	115,5	96
r >	90,5	84,5	104

—, so lassen sich Helligkeitsfaktor i und Raumfehler q unter bestimmten, allerdings sehr erheblichen Vorbehalten (vgl. die bekannten Einwände G. E. Müllers auf dem Gebiete der Schwellenberechnung) eliminieren bzw.

1) Man muß sich natürlich darüber klar sein, daß den Dezimalstellen, die bei dieser und den folgenden Berechnungen auftreten, nur rechnerische, jedenfalls keinerlei sachliche Bedeutung zukommt,

grob berechnen. Addiert man nämlich z. B. für die Breitenvergleichung die sämtlichen Urteile l >, also 159 + 109,5 = 268,5 und die sämtlichen Urteile r >, also 41 + 90,5 = 131,5, so ist damit der Helligkeitsfaktor bereits eliminiert bzw. kompensiert dadurch, daß beide Helligkeitsraumlagen gleich oft vertreten sind. Da sich in diesem Falle sowohl für l > wie für r > annähernd je 200 Urteile — für jede Gesamtreihe ist n = 200 — ergeben müßten, kann man sich die tatsächlich gefundenen Zahlen folgendermaßen entstanden denken: 268,5 = 200 + q

131,5 = 200 — q, wobei q die Maßzahl des Raumfehlers bezeichnen soll. Es findet sich q daraus mit 68,5 = + 17 %.

Entsprechend läßt sich q kompensieren und i berechnen. Es sind aus beiden Raumlagen alle die Urteile, in denen weiß als größer bezeichnet wurde, und die, in denen grau größer erschien, zu addieren:

159 + 90,5 = 249,5 = 200 + i

41 + 109,5 = 150,5 = 200 — i

Es ergibt sich i = 49,5 = 12 %. Für die Festsetzung des Vorzeichens von i ist der Satz zugrunde gelegt worden, daß hellere Flächen überschätzt werden. Auf diese Weise wird ein positives Vorzeichen von i erzielt. Die Prozentzahlen sind stets auf alle Fälle beider Lagen (400) berechnet.

Entsprechend sind q und i für die Höhen- und Flächenbeurteilung errechnet worden, so daß sich insgesamt ergibt:

	Breite	Höhe	Fläche
i =	+ 12 %	+ 7 %	+ 21 %
q =	+ 17 %	+ 15 %	+ 19 %

Wir stellen also mit allen Vorbehalten für die Vp. fest:

1. Helligkeitseinfluß und Raumfehler haben in bezug auf ihre verschiedene Größe bei der Beurteilung von Breite, Höhe und Fläche annähernd parallelen Gang.
2. Beide Faktoren besitzen den größten Betrag für die Fläche, geringeren für die Breite und den geringsten für die Höhe.
3. Der Faktor i scheint für Flächen besonders stark zu überwiegen.

Es muß allerdings, wie gesagt, beachtet werden, daß diesen Berechnungen gewisse, durch das Zusammenwirken der einzelnen Faktoren bedingte Unsicherheiten anhaften, die zur Vorsicht mahnen.

Unterziehen wir die Reihen einer interserialen Betrachtung, wobei wir in den Reihen 3 bis 6 nur die Einzelversuche 1—40, in der Tabelle also nur die eingeklammerten Zahlen, berücksichtigen, um sie mit den Reihen 1—2 vergleichbar zu machen, so zeigt sich folgendes:

1. Für die Reihen weiß/grau nimmt die Zahl der l > -Urteile sowohl für die Fläche wie für jede einzelne Dimension ziemlich stetig zu.

2. Für die Reihen grau/weiß nehmen die entsprechenden Zahlen stetig ab. Eine Ausnahme scheint nur für die Höhe in Reihe 2 zu bestehen. Hier existiert für die Höhe anscheinend überhaupt kein Raumfehler. Eine ausreichende Erklärung für dieses Verhalten dürfte wohl kaum zu finden sein.

Vielleicht spielt die auffällig hohe Zahl der gl-Urteile irgend eine Rolle. Dabei hätte man zu beachten, daß die Abgabe von gl-Urteilen keineswegs nur aus einer richtigen Erkenntnis der objektiven Gleichheit der beiden Reize hervorgeht, sondern auch durch Ermüdung und verschiedene Stimmungslagen begünstigt wird.

Aus unseren bisherigen Untersuchungen wissen wir nun, daß der Raumfehler mit zunehmender Übung im allgemeinen an absoluter Größe verliert. Wenn also bei den Reihen 1, 3, 5 die l > -Urteile interserial zunehmen und gleichzeitig in den Reihen 2, 4, 6 abnehmen, so scheint nach dem über den Raumfehler Gesagten der Schluß einigermaßen nahe zu liegen, daß der Einfluß der Helligkeit, der sich in einer Überschätzung der helleren Fläche äußerte, interserial zunahm.

Die Fraktionierung (Viertelung der Reihen 3—6) ergibt für die Flächen, daß für die Reihen 3 und 5, bei denen die weiße Fläche links lag, die l > -Urteile zu Beginn der Reihe eine Zunahme mit nachfolgendem Abfall zeigen, für die Reihen 4 und 6, für die die weiße Fläche rechts lag, die l > -Urteile

erst ab- und dann zunahmen, die r > -Urteile erst zu- und dann abnahmen.

Sämtliche Reihen zeigen also einen parallelen Verlauf, wenn man die verschiedenen Raumlagen von weiß und grau berücksichtigt. Es wäre also wieder anzunehmen, daß infolge intraserialer Übung weiß allmählich eindringlicher — um vorläufig nicht zu sagen heller — erscheint und infolge Ermüdung wieder an Eindringlichkeit verliert. Wenn man diesen geringen zahlenmäßigen Differenzen, auf denen diese Folgerungen basieren, überhaupt irgendwelche Bedeutung beimessen will — sie als völlig belanglos zu betrachten, erscheint mir mit Rücksicht auf die Zuverlässigkeit dieser Vp. und die auf jeden Fall erstaunliche Exaktheit in der Übereinstimmung der Ergebnisse, wie insbesondere die folgende Erörterung zeigt, wohl nicht tunlich —, so erlangt die oben gemachte Annahme interserialer Einflüsse wenigstens eine gewisse Wahrscheinlichkeit.

β) Ungleichversuche.

Die wichtigsten Resultate der Ungleichversuche seien in der folgenden Übersicht zusammengestellt! Es wurden die sämtlichen gleichartigen Urteile für weiß/grau und grau/weiß addiert und so die Gesamtreihen A' und B' geschaffen. Es konnte bei der sehr kleinen Zahl der Versuche (im Ganzen 96) nicht erwartet werden, daß eine Besprechung der einzelnen Ungleichreihen wesentliche und zuverlässige Ergebnisse lieferte.

weiß/grau		Reihe A'		grau/weiß		Reihe B'	
		Vv	vV			Vv	vV
Breite	1>	7	22	Breite	1>	3	12
	r>	9	2		r>	13	5
	gl	6	0		gl	7	5
	z	2	0		z	1	2
Höhe	r	19	8	Höhe	r	17	8
	f	0	6		f	1	6
	gl	4	9		gl	4	9
	z	1	1		z	2	1
Fläche	r	21	0	Fläche	r	9	2
	f	0	20		f	4	9
	gl	2	0		gl	1	5
	z	1	4		z	10	8

Es soll zuerst die Frage beantwortet werden, wie weit eine richtige Beurteilung der objektiv verschiedenen Höhen und Flächen stattgefunden hat. Es werde wieder die Fechnersche Verteilung vorgenommen — die proportionale Methode erscheint wegen der fehlenden f-Urteile der Reihe A' nicht anwendbar —, nach der sich folgende Zahlen ergeben:

	R' für weiß/grau		R' für grau/weiß	
	Vv	vV	Vv	vV
Höhe:	90 %	54 %	83 %	54 %
Fläche:	94 %	8 %	60 %	35 %

Die Elimination des Einflusses der Helligkeit und des Raumfehlers geschieht unter Vorbehalt auf abgekürzte Weise durch Berechnung des arithmetischen Mittels aus sämtlichen für die Höhe bzw, Fläche gefundenen Zahlen. Es finden sich dann

für die Höhe 70 %
für die Fläche 49 %,

d. h. die objektive Differenz 1,5 mm der Höhe scheint nicht hinreichend, um diesen Unterschied in bezug auf die Fläche noch erkennen zu lassen. 1,5 mm ist anscheinend noch untermerklich. Es soll schon hier bemerkt werden, daß, entgegengesetzt der chronologischen Anordnung der Erörterung der Ergebnisse, der weiß/grau- bzw. grau/weiß-Vergleich die erste von der Vp. überhaupt vorgenommene Flächenbeurteilung war.

Bewerten wir nur den Höhenvergleich, so bedeutet die Zahl 70 %, daß für diesen eine Differenz von 1,5 mm wohl sicher übermerklich war.

Um einen Überblick über die verschiedenen Faktoren, die den Vergleich von Breite, Höhe und Fläche beeinflußt haben, zu bekommen, wollen wir uns die verschiedenen Situationen vergegenwärtigen, unter denen die Beurteilung der ungleichen Reize stattgefunden hat. Offenbar bestanden 4 verschiedene Raumlagen im weiteren Sinne, d. h. Raumlagen nicht nur in bezug auf die Lage von V bzw. v, sondern auch in bezug auf die räuml. Anordnung der weißen bzw. grauen Fläche. Diese sind — auf das rechte Auge bezogen — auf der unten folgenden Übersicht zusammengestellt.

Wenn der Vergleich stattgefunden hätte, ohne daß irgendwelche objektiven oder subjektiven (also psychophysiologischen) unterschiedlich wirkenden Faktoren beteiligt gewesen wären, hätten sich normalerweise bei hinreichend großem p — als solches darf allerdings p = 96 wohl kaum aufgefaßt werden — entweder nur gl-Urteile oder etwa gleichviel, also nach Fechnerscher Verteilung etwa je 50 % r> - und l> -Urteile ergeben müssen. Wie nun schon aus den bisherigen Betrachtungen bekannt ist, sind Abweichungen von diesen 50 % auf Rechnung folgender Faktoren zu setzen:

1. Objektive Reizdifferenz = d,
2. Einfluß der Helligkeit = i,
3. Raumfehler im engeren Sinne = q.

Nach den bisherigen Erfahrungen können diese Faktoren als in erheblichem Maß voneinander unabhängige Variablen im Sinne der Mathematik aufgefaßt werden. Die Bezeichnung „Variable" soll natürlich keinen Widerspruch zu dem Begriff Raumfehler = konstanter Fehler involvieren, sondern ist nur gewählt worden im Hinblick auf einen „abhängigen" Faktor, den Relativfaktor k, welcher in noch zu untersuchender Weise von den Faktoren 1 bis 3 abhängig ist. Wir fügen ihn ausdrücklich hinzu:

4. Relativfaktor k.

Schon bei den Ungleichversuchen im Anschluß an die weiß/weiß-Reihen hatte sich ergeben, daß der Breiten- und Flächen-, z. T. auch der Höhenvergleich offenbar durchaus nicht unabhängig voneinander erfolgen, sondern daß vielmehr ein bestimmter funktionaler Zusammenhang vorhanden ist. Dieser Zusammenhang ist für das Verständnis des psychologischen Vergleichsvorganges wichtig genug, um hier nochmals an den gegebenen Zahlen erörtert zu werden, um so mehr, als jetzt noch eine Modifikation durch den Faktor i, den Helligkeitsunterschied, hinzutritt. Die Bedeutung der Faktoren 1 bis 3 ist, soweit diese unabhängig voneinander auftreten, nach den bisherigen Erörterungen im allgemeinen bekannt.

Welche Wirkung übt nun hier dieser Relativfaktor aus? In der folgenden Tabelle sind die Zahlen, die auf die Breiten-, Höhen- und Flächenurteile entfallen, für die einzelnen Situationen angegeben.

rechtes Auge.

Situation 1		Situation 2	
nasal	temporal	nasal	temporal
V	v	v	V
weiß	grau	weiß	grau
d +	d —	d —	d +
i +	i —	i +	i —
q +	q —	q +	q —
(k —)	(k +)	(k +)	(k —)
(K +)	(K —)	(K —)	(K +)
l >	r >	l >	r >
Breite: 11 (7)	13 (9)	22 (22)	2 (2)
richtig	falsch	richtig	falsch
Höhe: 21,5 (19)	2,5 (0)	13 (8)	11 (6)
Fläche: 22,5 (21)	1,5 (0)	2 (0)	22 (20)

Situation 3		Situation 4	
nasal	temporal	nasal	temporal
V	v	v	V
grau	weiß	grau	weiß
d +	d —	d —	d +
i —	i +	i —	i +
q +	q —	q +	q —
(k —)	(k +)	(k +)	(k —)
(K +)	(K —)	(K —)	(K +)
l >	r >	l >	r >
Breite: 7 (3)	17 (13)	15,5 (12)	8,5 (5)
richtig	falsch	richtig	falsch
Höhe: 20 (17)	4 (1)	13 (8)	11 (6)
Fläche: 14,5 (9)	9,5 (4)	8,5 (2)	15,5 (9)

Es ist überall Fechnersche Verteilung der u-Fälle vorgenommen. Die gefundenen absoluten Zahlen, d. h. die Zahlen ohne Fechnersche Verteilung, sind in Klammern angegeben worden. Für die Wahl des Vorzeichens der einzelnen unabhängigen Faktoren ist überall die Fechnersche Terminologie angewendet worden, d. h. ein Faktor soll dann das positive Vorzeichen erhalten, wenn er eine Überschätzung des linken, also für das rechte Auge des nasalen Reizes bewirkt. Desgleichen soll der Faktor k, welcher sich auf die Breitendimension beziehen soll, das entsprechende Vorzeichen erhalten. Zum Unterschied von dem Breitenfaktor k soll der Relativfaktor, welcher das Flächenurteil beeinflußt, mit K bezeichnet werden. Es wird sich unten ergeben, welches Vorzeichen dem K zuzuordnen ist.

Wir wenden uns zuerst der Situation 1 zu und betrachten die Verhältnisse der Breitenurteile. Unabhängig von der Höhendimension zeigt die Breite einen konstanten positiven Raumfehler. Ganz wie bei dem weiß/weiß-Vergleich verursacht aber die Höhendifferenz zu Gunsten des linken Reizes, daß dieses linke Rechteck schmäler erscheint als das rechte. Dazu kommt nun der Einfluß der größeren Helligkeit des linken Reizes. Aus den für Situation 1 vorliegenden Zahlen ist nicht zu ersehen, welcher dieser drei Faktoren vorzugsweise das Resultat — 13 r> -Urteile gegenüber 11 l> Urteilen — bestimmt. Es ist z. B. denkbar, daß der schmälere Eindruck noch dadurch verstärkt wird, daß q bzw. i für die Höhe wirksamer ist als für die Breite, die Breite also dadurch eine scheinbare Verkleinerung erfährt. Ebenso gut könnte aber auch q bzw. i für die Höhe kleiner als für die Breite sein, so daß also insgesamt die linke Fläche plumper, deren Breite also damit größer erscheint. Auf Grund der oben beschriebenen Gleichversuche, bei denen sich ergeben hatte, daß i wahrscheinlich am größten für die Breite ist, könnte man m. E. erwarten, daß die größere Helligkeit relativ stärker auf die scheinbare Vergrößerung der Breite als auf die der Höhe wirkt, oder, mit anderen Worten, daß das graue Rechteck unter sonst gleichen Umständen schmäler als das weiße erscheint. Daß dies in der Tat der Fall ist, scheint die Situation 3 zu zeigen. Bis auf die Vertauschung der weißen und grauen Fläche sind die objektiven und subjektiven Bedingungen dieselben wie bei Situation 1; es ergeben sich aber in 3 mehr r> -Urteile als in 1.

Entsprechende Ergebnisse zeitigt die Besprechung der Situationen 2 und 4. Unabhängig davon, ob die hellere Fläche die nasale oder die temporale Lage einnimmt, ist die Resultierende aller Faktoren so beschaffen, daß in beiden Situationen sich mehr Urteile l> als r> für die Breite ergeben, und zwar ergeben sich die meisten l> -Urteile in der Situation 2, in der die graue und zugleich höhere (V) Fläche temporal, also rechts, liegt. Es ergibt sich also auch hier, daß der Relativfaktor k vorzugsweise abhängt von der objektiven Differenz, und daß er insbesondere von dieser abhängig ist in bezug auf sein Vorzeichen. Eine wesentliche Modifikation in seiner Größe erfährt der Faktor k weiter durch Helligkeit und Raumfehler. Einen ungefähren Anhaltspunkt über die Größenordnung dieser

Modifikation bekommt man, wenn man diejenigen Situationen miteinander vergleicht, in denen bis auf Änderung des Vorzeichens von i bzw. q die übrigen Faktoren in bezug auf ihr Vorzeichen konstant bleiben. Z. B. ergaben sich in der Situation 4 für v, welches hier nasal lag, — q wirkte also auf k unterstützend — 15,5 l > -Urteile gegenüber 13 r > Fällen für v in Situation 1. Hier lag v temporal, und q wirkte ungünstig auf die Größe von k. Vergleicht man entsprechend z. B. V in Situation 1 mit V in Situation 3, so zeigt sich, daß eine Konstellation, die in bezug auf k günstig ist, immerhin 11 l > -Urteile gegenüber nur 7 l > -Urteilen bei ungünstiger Konstellation zuwege bringt.

Natürlich wird man die letzten Erörterungen schon mit Rücksicht auf die geringe Zahl der zur Verfügung stehenden Urteile nur mit stärksten Vorbehalten aussprechen dürfen.

Was die Höhenbeurteilung betrifft, so scheint es nach den Zahlen, als ob wir kaum den Einfluß eines Relativfaktors konstatieren könnten. Obwohl — oder, wie wir vielleicht sehen werden, z. T. eben weil — das Urteil für die Breite stets zuerst abgegeben worden war, scheint gleichsam die am meisten unabhängige Variable oder vielleicht sogar die dominierende „Konstante" in dem gesamten Gewirr funktionaler Beziehungen die Höhenbeurteilung bzw. der mit ihr verknüpfte Faktorenkomplex zu sein. Die Unterschiede in den Zahlen lassen sich m. E. bequem ohne Annahme eines besonderen Relativfaktors erklären. Weiter scheint insbesondere aus dem Vergleich der Zahlen hervorzugehen, daß auch i auf den Höhenvergleich so gut wie keinen oder jedenfalls nur minimalen Einfluß gehabt hat. Damit wäre das Resultat der Gleichversuche, nämlich daß i den geringsten Betrag für die Höhenbeurteilung hat, bestätigt. Es wird später sogar ein einleuchtender Beweis für diese Behauptung erbracht werden können, indem nämlich zum Vergleich die Ergebnisse der Höhenbeurteilung bei dem weiß/weiß-Vergleich herangezogen werden.

Es entsteht nun aber weiter die Frage, welchen Einfluß der Relativfaktor k auf den Größeneindruck der Fläche gehabt hat. Nach den Ergebnissen unserer Zahlen ist der Vorgang etwa folgendermaßen verlaufen: Die relative scheinbare Vergrößerung der Breite bringt eine Verkleinerung des Flächeneindrucks dadurch mit sich, daß diese Fläche „plumper", d. h. also kleiner erscheint, oder mit anderen Worten: eine Vergrößerung von k kann eine scheinbare Verkleinerung der Fläche involvieren. Nach unserer Terminologie soll andererseits K den Betrag derjenigen Zahl von Urteilen bezeichnen, durch die eine scheinbare flächenhafte Vergrößerung oder Verkleinerung sich äußert (vgl. Seite 27). Aus dem Gesagten ergibt sich, daß dem Faktor K — unabhängig von der Größe seines absoluten Betrages — entweder ein dem des Faktors k entgegengesetztes Vorzeichen zuzuordnen ist, oder aber K und k im Reziprozitätsverhältnis zueinander stehen. Jedenfalls besteht offenbar zwischen beiden eine bestimmte funktionale Beziehung, bei der k gewissermaßen (!) die Stelle der unabhängigen und K die Stelle der abhängigen Veränderlichen einnimmt.

Mit der Aufstellung dieser Annahme ist die Betrachtung jedoch noch nicht erschöpft. Man muß sich nämlich die f (k) noch multipliziert denken mit einem Faktor ×, der abhängig ist von dem Verhältnis der l > - zu den r > -Höhenurteilen, bzw. in vielleicht noch komplizierterer Weise von der Beziehung dieses Verhältnisses zu dem gleichzeitig, d. h. in derselben Situation vorhandenen Verhältnis der l > - zu den r > -Breitenurteilen abhängt. Das ergibt sich aus dem Vergleich der Situationen 2 und 4 einerseits mit 1 und 3 andererseits. In 2 und 4 scheint dieser Faktor × annähernd gleich 1 zu sein. In den Situationen 1 und 3 hingegen ist $\times \neq 1$, denn offenbar findet hier eine Beeinflussung durch die vorhandenen Höhenurteile in starkem Maße statt. Nur so ist es nämlich m. E. zu erklären, daß beispielsweise in Situation 1 für V (nasal) sich nicht etwa 13 l > = r-Urteile ergeben, wie man nach der vorhergehenden Betrachtung der Situationen 2 und 4 erwarten müßte, d. h. wenn nur die Breitenurteile maßgebend gewesen wären. Entsprechend liegen die Verhältnisse in der Situation 2. Man kann also vielleicht geradezu sagen, daß, abgesehen von

der Modifikation durch die vorhandenen gleichzeitigen Höhenurteile, ein bestimmtes Urteil über die Breite im allgemeinen das entgegengesetzte Urteil über die Fläche nach sich zieht.

Eine einigermaßen anschauliche Vorstellung von dem gegenseitigen Verhältnis der vorhandenen Faktoren kann man sich vielleicht durch folgende mathematische Darstellung machen. Es ist

$$K = - \times . f(k) \text{ oder auch } K = \frac{\times}{f(k)},$$

wobei k für die einzelnen Situationen nacheinander etwa folgendermaßen bestimmt wäre:

Sit. 1	$k = -(d - i - q)$
Sit. 2	$k = +(d + i + q)$
Sit. 3	$k = -(d + i - q)$
Sit. 4	$k = +(d - i + q)$

Das Vorzeichen vor der Klammer deutet im Sinne der Fechnerschen, bzw. der auch von uns verwendeten Terminologie, nur an, daß durch k entweder eine Überschätzung (+) oder eine Unterschätzung (—) der links liegenden Breite erfolgt. Unter den Rechnungszeichen in der Klammer hat man sich natürlich keinesfalls mathematisch-logische Verknüpfungen, sondern nur irgendwelche, quantitativ nicht erfaßbare psychophysiologische Beziehungen vorzustellen. Aus demselben Grunde darf man sich den Funktionsbegriff hier nicht in dem engen, spezifisch quantitativen Sinne der Mathematik vorstellen.

Alles in allem läßt sich also sagen, daß die Übereinstimmung der theoretischen Erwägungen mit den experimentellen Ergebnissen doch befriedigend ist. Trotzdem aber dürfte man kaum das Gesagte als vorbehaltlos hinstellen. Es ist immerhin möglich, daß zufällige Abweichungen, Perseverationswirkungen und dergleichen eine erhebliche Rolle spielen. Man wird daher gut tun, vor der Aufstellung endgültiger Folgerungen das Ergebnis der Besprechung weiterer Reihen abzuwarten.

d) Versuche mit verschiedenfarbigen Flächen.

Ursprünglich war beabsichtigt, im Anschluß an den Vergleich von weißen bzw. weißen und grauen Flächen von der Vp. rote und grüne Rechtecke miteinander vergleichen zu lassen, und zwar versprach der Vergleich roter und grüner Flächen aus bestimmten Gründen besonders interessant zu werden. Zu der Zeit, als diese Versuche stattfinden sollten, lag bereits eine ganze Reihe Versuche vor, die mit Studenten angestellt worden waren. Dabei hatte sich ergeben, daß sowohl die inter- wie die intraindividuellen Urteilsschwankungen für den rot/grün- bzw. grün/rot-Vergleich besonders große waren. Gelegentlich hatten einige dieser Vpp. auch angegeben, daß ihnen der Vergleich farbiger Rechtecke, d. h. also weißer, roter und blauer mit grünen besonders schwierig erschienen sei.

Ähnliche Erfahrungen wurden nun auch von Vp. Z. bei dem Vergleich eines roten mit einem grünen Rechteck gemacht. Die grüne Fläche erschien der Vp. „ziemlich stark gelblich" („deutliche Irradiations- und Kontrasterscheinungen waren im übrigen nicht vorhanden"). Die Helligkeit von grün erschien der Vp. „im ganzen wohl etwas größer", „doch hatte das rote Rechteck etwas Leuchtendes".

Auf Fortsetzung dieser Reihe wurde schon nach den ersten Versuchen verzichtet, weil grün in der künstlichen Beleuchtung zu sehr in gelb überging, so daß Vp. zuerst glaubte, ein grünliches Gelb zu sehen. Besonders störend war für Vp. Z., daß grün scheinbar an Sättigung außerordentlich verlor.

Es wurde dann bei unveränderter Versuchsanordnung mit dem Vergleich gelber und blauer Flächen begonnen. Wenn wir vorläufig wieder nur die Ergebnisse der Gleichversuche beachten, so ergeben sich folgende Zahlen für die einzelnen Reihen:

Gesamtreihe A gelb/blau					Gesamtreihe B blau/gelb				
Reihe		Breite	Höhe	Fläche	Reihe		Breite	Höhe	Fläche
1	l >	52 (28)	28 (19)	60 (34)	2		10 (9)	28 (12)	10 (7)
n = 80	r >	0 (0)	0 (0)	0 (0)	n = 80		21 (6)	1 (1)	7 (2)
	gl	28 (12)	52 (21)	20 (6)			49 (25)	51 (27)	39 (19)
	z	0 (0)	0 (0)	0 (0)			0 (0)	0 (0)	24 (12)
3	l >	72 (37)	38 (29)	74 (38)	4		12 (6)	31 18)	22 (10)
n = 80	r >	0 (0)	0 (0)	0 (0)	n = 80		23 (11)	2 (0)	14 (7)
	gl	7 (3)	41 (10)	6 (2)			45 (23)	47 (22)	30 (14)
	z	1 (0)	1 (1)	0 (0)			0 (0)	0 (0)	14 (9)
5	l >	31	27	36	6		5	13	12
n = 40	r >	0	0	0	n = 40		12	3	3
	gl	9	13	4			23	24	20
	z	0	0	0			0	0	5

Die eingeklammerten Zahlen entstehen, wenn die Reihen 1 bis 4 (mit n = 80) als nach dem 40. Versuch abgebrochen betrachtet werden.

Für Breite, Höhe und Fläche ergibt sich dann folgende Rangordnung in bezug auf die Verteilung der l > -Urteile in den beiden Raumlagen:

gelb/blau	Fläche	Breite	Höhe
blau/gelb	Höhe	Fläche	Breite

Ein z. T. entsprechendes Verhalten zeigt die Verteilung der für diese Versuchsanordnung richtigen Urteile, nämlich der gl-Fälle.

Um quantitative Aussagen machen zu können, wurden wieder die Gesamtreihen gebildet. Es ergeben sich dann:

		Breite:	Höhe:	Fläche:
Gesamtreihe A:				
gelb/blau	l >	155	93	170
	r >	0	0	0
	gl	44	106	30
	z	1	1	0
Gesamtreihe B:				
blau/gelb	l >	27	72	44
	r >	56	6	24
	gl	117	122	89
	z	0	0	43

Bemerkenswert sind die Erscheinungen des Überwanderns der Urteile beim Übergang aus dem gelb/blau- zu dem blau/gelb-Vergleich.

Wenden wir die bei der Besprechung der weiß/grau- bzw. grau/weiß-Reihen angestellten Überlegungen über die Bestimmung von Raumfehler und Helligkeitseinfluß auch hier an, so lassen sich Raumfehler q und der auf dem Einfluß der Helligkeit und der Farbe s. str. beruhende Faktor i unter den früheren erheblichen Vorbehalten wieder eliminieren.

Nach der Fechnerschen Verteilung der u-Fälle fanden sich die folgenden Zahlen in Prozenten:

	Breite:	Höhe:	Fläche:
q =	16%	20%	24%
i =	23%	3%	19%

Der Raumfehler nimmt also den größten Betrag für die Flächenbeurteilung an. Auffälligerweise ist aber im Gegensatz zu den bisherigen Beobachtungen der Raumfehler für die Höhe hier größer als für die Breite. Ein ebenfalls auffälliges Verhalten zeigt der Faktor i. Dieser ist am größten für die Breite, geringer für die Fläche und außerordentlich gering für die Höhe. Jedenfalls mahnen diese Tatsachen nochmals zur Vorsicht gegenüber den von mir gezogenen Schlüssen[1]).

Wir gehen nunmehr zur Fraktionierung der Reihen über. Die Fraktionierung wurde als Viertelung bzw, Halbierung durchgeführt.

Für die gelb/blau-Lage ergibt sich sowohl für die Fläche als auch für die einzelnen Dimensionen eine anfängliche Zunahme der l > -Fälle und etwa von der Mitte ab ein nachfolgender Abfall. Dieses Abfallen ist so

1) In der ausführlichen Dissertation, die der Fakultät vorgelegen hat, findet sich übrigens ein Erklärungsversuch.

stark, daß sich schließlich in der letzten Fraktion weniger 1 > -Urteile als in der ersten ergeben. Es ist nun allerdings lediglich auf Grund dieser Reihen nicht zu entscheiden, ob diese Zu- und anschließende Abnahme mehr auf Rechnung von q oder i oder auch von beiden entfällt. Aus den weiß/weiß-Reihen hatte sich ergeben, daß der Raumfehler erst eine Ab- und dann eine Zunahme zeigt. Unter vielen Vorbehalten kann man also etwa vermuten, daß i intraserial ein dem Gange von q entgegengesetztes Verhalten zeigt. Die Empfindungsintensität der helleren Fläche scheint also im Laufe der Reihe gelb/blau erst zu- und dann abgenommen zu haben.

Ähnliche Resultate, allerdings weit weniger scharf ausgeprägt, ergibt die Fraktionierung der Reihen blau/gelb. Wegen der nur andeutungsweise vorhandenen Tendenzen werden sichere Folgerungen besser hieraus nicht gezogen.

Die gl-Urteile zeigen in beiden Raumlagen im allgemeinen zuerst eine Abnahme (Zunahme von i ?) und eine anschließende Zunahme (Kompensation der Faktoren i und q bzw. Eintritt von Ermüdung?).

Die nur für den Flächenvergleich der Raumlage blau/gelb überhaupt vorhandenen z-Urteile zeigen intraserial im allgemeinen eine Tendenz zur Abnahme.

Interserial scheinen Übungseinflüsse vorzugsweise im Verhalten der z-Urteile zum Ausdruck zu kommen. Neben der eben erwähnten intraserialen Abnahme zeigen diese nämlich noch eine starke interseriale Abnahme, die durch sämtliche blau/gelb-Reihen hindurchgeht.

Aus den Ungleichversuchen wurden wieder die Gesamtreihen für den gelb/blau- bzw. blau/gelb-Vergleich gebildet.

In Prozentzahlen der richtigen Fälle ergeben sich nach Fechnerscher Verteilung der u-Fälle:

	gelb/blau		blau/gelb	
	Vv	vV	Vv	vV
Höhe:	94	52	90	72
Fläche:	90	10	58	62

Wurden der Raumfehler und der Einfluß der Farben eliminiert, so fanden sich näherungsweise für die

Höhe: 77 %, Fläche: 55 %.

Die Bemerkungen terminologischer und methodologischer Art, die beim weiß/grau- bzw. grau/weiß-Vergleich gemacht wurden, brauchen hier nicht noch einmal wiederholt zu werden. Nach denselben Gesichtspunkten wie dort wurde eine Untersuchung der vier Situationen vorgenommen. Mit i wurde hier nicht nur der Helligkeitseinfluß bezeichnet, sondern überhaupt der Einfluß, den die benutzte Farbenkonstellation auf den Vergleich ausübt. (also wie auf S. 30).

Im übrigen sei auf die ausführliche Erörterung der Ergebnisse der weiß/grau- bzw. grau/weiß-Ungleichversuche verwiesen.

Vergleicht man insbesondere die Ergebnisse der weiß/weiß-Reihen einerseits mit denen der weiß/grau- und gelb/blau-Reihen andererseits, so sind, wenn man die nach Fechnerscher Verteilung der u-Fälle gewonnenen Zahlen betrachtet, für Vp. Z. folgende Resultate wahrscheinlich:

1. Für die Höhe, die Breite und für die Fläche wird die Überschätzung des links liegenden Reizes (positiver Raumfehler!) nur unwesentlich verstärkt, wenn
   a) die rechte (weiße) Fläche durch eine graue ersetzt wird, oder
   b) die linke (weiße) Fläche durch eine gelbe und die rechte (weiße) Fläche durch eine blaue ersetzt wird.

2. Die Überschätzung der Breitendimension wird wesentlich vermindert, bzw. geht sogar in Unterschätzung über, wenn
   a) die linke (weiße) Fläche durch eine graue ersetzt wird, oder
   b) die linke (weiße Fläche) durch eine blaue, die rechte (weiße) Fläche durch eine gelbe ersetzt wird.

3. Bei derselben „Substitutionsmethode" erfährt die Höhenbeurteilung nur unwesentliche Veränderungen. Die Überschätzung der Fläche nimmt ab im Falle 2b und noch stärker im Falle 2a.

4. Es scheint eine gewisse Abhängigkeit zwischen dem Flächenurteil einerseits und dem Urteil über Breite und Höhe andererseits zu bestehen. Diese äußert sich darin, daß beim Übergang vom weiß/weiß- über den weiß/grau- zum gelb/blau-Vergleich die Überschätzung der links liegenden Breite stetig abnimmt, die Überschätzung der entsprechenden Höhe erst ab- und dann bis annähernd zu dem Ausgangsniveau (weiß/weiß) wieder zunimmt. Die Überschätzung der entsprechenden Fläche nimmt ebenfalls erst ab und dann wieder zu. Diese Zunahme erfolgt aber nicht bis zu dem Ausgangsniveau, und zwar offenbar deshalb nicht, weil im letzten Falle (gelb/blau) die vorher stattgefundene Unterschätzung der links liegenden Breite auf die Überschätzung der Fläche vermindernd wirkt.

Nach jedesmaliger Elimination des Raumfehlers und des Faktors i hatten sich bei Fechnerscher Verteilung bei den Ungleichversuchen folgende Prozentzahlen der richtigen Fälle für die Höhen- und Flächenbeurteilung ergeben (die Zahlen sind chronologisch, d. h. in derselben Reihenfolge, wie die Versuche stattfanden, geordnet):

Vergleich:	Zahl d. Einzelvers.:	Höhe:	Fläche:
weiß/grau	96	70 %	49 %
gelb/blau	100	77 %	55 %
weiß/weiß	60	76 %	53 %

Wir dürfen also wohl für Vp. Z. annehmen, daß eine Höhendifferenz von 1,5 mm für die Beurteilung der Höhe weit oberhalb der G. E. Müllerschen Unterschiedsschwelle liegt und etwa 70 bis 80 % richtige Fälle liefert, für die Beurteilung der Flächengröße hingegen etwa gerade eben merklich ist, und daß Farbe und Helligkeit hierauf relativ wenig Einfluß haben. Die allmähliche Zunahme der Zahlen könnte darauf hindeuten, daß eine geringe interseriale Übungszunahme sowohl für den Höhen- als auch für den Flächenvergleich stattgefunden hat.

Ebenfalls in chronologischer Reihenfolge wurden die Beträge für den Raumfehler folgendermaßen zusammengestellt:

Gleichversuche:

		Breite:	Höhe:	Fläche:
weiß/grau	n = 400	17 %	15 %	19 %
gelb/blau	400	16 %	20 %	24 %
weiß/weiß	200	31 %	21 %	38 %

Es ergibt sich also für den Raumfehler:

Er ist stets am größten für den Flächenvergleich und kleiner für das Breitenurteil. Der Raumfehler des Höhenvergleichs ist im allgemeinen, d. h. für den Vergleich weißer Flächen untereinander und für den Vergleich weißer mit grauen Flächen am kleinsten. Für den gelb/blau-Vergleich ist er kleiner als für die Fläche, aber größer als für die Breite. Die letzten Sätze können allerdings nur mit sehr beschränkter Sicherheit ausgesprochen werden.

Die Werte des Helligkeits- bzw. Farbenfaktors i sind zahlenmäßig folgende:

Gleichversuche:

	Breite:	Höhe:	Fläche:
weiß/grau	12 %	7 %	21 %
gelb/blau	23 %	3 %	19 %

Die Tendenzen im Gange von i in bezug auf die einzelnen Dimensionen und die Fläche sind ähnliche wie für den Raumfehler. In allen Fällen hat i für den Höhenvergleich den geringsten, und zwar sogar auffällig geringen, Betrag. Beim weiß/grau-Vergleich wirkt i mehr auf die Fläche und weniger auf die Breite. Beim gelb/blau-Vergleich liegt die Sache umgekehrt. Auch hier ist mit einer sehr erheblichen Unsicherheit der Zahlen zu rechnen.

D. Theoretischer Teil

Unter Verzicht auf eine Wiedergabe aller historischen bzw. heute noch vertretenen Ansichten über die Psychologie des Vergleichens überhaupt sei hier nur kurz auf die von Th. Ziehen vertretene Anschauung eingegangen.

Eine systematische Zergliederung aller der Prozesse, welche bei der Vorstellungsbildung im allgemeinen beteiligt sind, führt zur Aufstellung von im wesentlichen drei elementaren Grundvorgängen. Eine dieser irreduziblen Grundfunktionen ist die Komparation (in seiner Erkenntnistheorie bezeichnet Z. diese Funktion auch als Kategorialfunktion). Diese Funktion ist, allmählich in phylogenetischer Stufenfolge entwickelt, mit der Ideenassoziation untrennbar verknüpft und ist dementsprechend auch nur im Rahmen der Ideenassoziation wirksam, ohne jedoch mit ihr identisch zu sein. Den Vergleichungsvorgang haben wir uns dann folgendermaßen vorzustellen: Vermittelst einer fortgesetzten Übung lernen wir in ontogenetischer Entwicklung die Vorstellungen des „Größer", „Kleiner" usw. bilden und jedesmal an die entsprechenden Empfindungen anknüpfen. Diese Einübung ist natürlich keine absolut genaue, allenthalben können falsche Urteile vorkommen, Aufmerksamkeitsschwankungen und dergleichen eintreten. Jedenfalls ist der wesentliche Unterschied gegenüber allen früheren Theorien der, daß das Vergleichen von Empfindungen bereits selbst eine durch die Kategorialfunktion ermöglichte assoziative[1]) Tätigkeit ist. Daher können wir auch nicht von einer Empfindung des „Größer", „Kleiner" usw. sprechen. Immer handelt es sich nur um eine Vorstellung des „Größer" usw. Auf das mutmaßliche physiologische Korrelat brauchen wir hier nicht näher einzugehen[2]). Derartige Relationen (im weiteren Sinne) treten im Leben allenthalben in zahlloser Menge auf, ohne daß die Vorstellung einer bestimmten intensiven, qualitativen usw. Beziehung gebildet wird. In mehr oder weniger deutlicher und modifizierter Form fassen wir schließlich alle Reize unserer Umgebung in Relationen auf. Die Bildung von Komplexionsvorstellungen ist geradezu undenkbar ohne die Voraussetzung einer solchen komparativen Funktion.

Im folgenden wird versucht, die Frage zu beantworten, welches denn die Faktoren sind, die die optisch-räumliche Schätzung, insbesondere den Vergleich von Extensitäten, beeinflussen. Diese lassen sich in drei Gruppen einteilen:

I. physikalische Momente,
II. vorzugsweise physiologische Momente,
III. psychophysiologische Momente.

Unter physikalischen Momenten wollen wir im prägnanten Sinne solche verstehen, die durch die objektive Versuchsanordnung gegeben sind. Als physiologisch sollen diejenigen Faktoren bezeichnet werden, deren Ursachen ganz allgemein unterhalb der Großhirnrinde, vorzugsweise im peripherischen Sinnesorgan gegeben sind, und als psychophysiologisch schließlich seien die vorzugsweise kortikal bedingten Faktoren gekennzeichnet.

Allerdings wird eine solche Einteilung nur einen durch Zweckmäßigkeitsgründe bedingten methodologischen Charakter tragen. Wegen der engen wechselseitigen Beziehungen zwischen psychischen und physiologischen Vorgängen werden, wie wir sehen werden, nicht nur die Grenzen zwischen den Faktoren derselben Gruppe, sondern auch zwischen solchen verschiedener Gruppen durchaus fließend sein.

Unter diesen Vorbehalten ergeben sich folgende Zusammenstellungen:

I. Physikalische Faktoren.

Wir verweisen dazu auf die Versuchsanordnung und begnügen uns hier mit einer kurzen Aufzählung der wesentlichsten Punkte. Man hat zu unterscheiden:

1) Der Terminus „Assoziation" ist hier im erweiterten Sinne zu verstehen, nicht etwa in dem beschränkten Sinne der älteren Assoziationspsychologie.

2) Vgl. Leitf. d. psys. Psychol. 12. Aufl. S. 317 und die Auseinandersetzungen über rudimentäre Urteile in den Grundlagen der Psychologie desselben Autors.

1. Die Lage des Gesamtgesichtsfeldes im „wirklichen" Raum in bezug auf das sich in Primärstellung befindliche Auge.

Hierzu ist auf eine für die Bewertung unserer Ergebnisse nicht unerhebliche Selbstbeobachtung von Vp. Z. hinzuweisen: „Vp. stellt durch Verschieben des Kopfes fest, daß das Urteil in der Regel sich nicht ändert, wenn der Kopf nach rechts oder links verschoben wird und daher die beiden Rechtecke im Diaphragma (der Röhre, durch die Vp. beobachtete) asymmetrisch verschoben werden." Diese Beobachtung ist deshalb wichtig, weil ja eine Fixation des Kopfes aus bestimmten Gründen (nämlich, um die Bedingungen möglichst ungezwungen und natürlich zu gestalten) nicht vorgenommen worden war.

2. Die Anordnung der Objekte im Gesichtsfeld, insbesondere auch ihre Größenverhältnisse.

3. Die physikalische Struktur der Objekte.

4. Die Beleuchtung.

5. Die Entfernung der Objekte vom Auge.

II. Physiologische Faktoren.

1. Binokulares-monokulares Sehen. In dieser Arbeit wurden sämtliche Versuche monokular ausgeführt. Soweit durch die Wahl eines bestimmten Auges bestimmte Faktoren zu Einfluß auf die Beurteilung gelangen, sollen diese gesondert betrachtet werden. Es ergibt sich somit

2. rechtsäugiges — linksäugiges Sehen. Im Gegensatz zu den Ergebnissen früherer Autoren, welche z. T. stark ausgeprägte Unterschiede zwischen den links- und rechtsäugig angestellten Versuchen gefunden hatten, ergibt sich aus der vorliegenden Arbeit die Tatsache, daß offenbar keine oder nur relativ geringe „prinzipielle" Unterschiede, d. h. Unterschiede im Vorzeichen des Raumfehlers, zwischen den Resultaten der mit dem linken und der mit dem rechten Auge angestellten Versuche bestehen. Mit Sicherheit ergab sich diese Tatsache aus den von Vp. Z. rechts- und linksäugig angestellten Beurteilungen objektiv gleicher weißer Flächen.

Wir hatten seinerzeit gefunden (vgl. Seite 19):

1. Der Raumfehler des Breitenurteils[1]) ist für das linke Auge geringer als für das rechte.

2. Der Raumfehler der Flächenbeurteilung ist für das linke Auge kleiner als für das rechte Auge.

3. Sowohl mit dem rechten wie mit dem linken Auge wird die Höhe richtiger als die Fläche beurteilt.

Offenbar besteht nun ein Unterschied anatomisch-physiologischer Art zwischen den beiden Augen, und zwar weniger in der Längsrichtung, wohl aber mehr in der Querrichtung (die Breite wird auf einem Querschnitt, die Höhe auf einem Längsschnitt des Auges bei Primärstellung abgebildet). Es ist nun eine feststehende, auch entwicklungsgeschichtlich nicht unverständliche Tatsache, daß die anatomisch-physiologische Struktur des Auges in den verschiedenen Sektoren der Netzhaut eine verschiedene ist. Das gilt in besonderem Maße von den nasalen und temporalen Abschnitten der Netzhaut. Damit wird verständlich — vorläufig wohl die am meisten Anspruch auf Wahrscheinlichkeit machende Erklärung —, daß der Raumfehler beim Sehen mit dem linken Auge und dem rechten Auge verschiedene Werte (wenigstens in bezug auf seinen absoluten Betrag) annimmt. Da sich links gelegene Objekte auf der temporalen Hälfte des rechten, aber auf der nasalen Hälfte des linken Auges abbilden, könnte man zur Erklärung unserer Ergebnisse etwa annehmen, daß aus irgendwelchen anatomisch-physiologischen Gründen die temporalen Hälften der Netzhäute ein vergrößertes, die nasalen Hälften ein verkleinertes Abbild der Breite (horizontalen Länge) und damit auch der Fläche (bezüglich ihrer Breite) liefern. Dies würde zur Folge haben, daß bei monokularem Sehen

---

1) Der Unterschied, der sich auf S. 19 für den Raumfehler des Höhenurteils der beiden Augen ergeben hat, ist aus den dort angegebenen Gründen nicht zu verwerten. Die Existenz eines solchen Unterschiedes ist auch aus physiologischen Gründen wenig wahrscheinlich.

mit dem rechten Auge links gelegene Objekte größer, bei monokularem Sehen mit dem linken Auge kleiner erscheinen, als sie tatsächlich (in bezug auf Breite und Fläche) sind. Unsere Resultate wären dann etwa dahin zu deuten, daß für beide Augen eine Überschätzung des links gelegenen Reizes stattfindet, diese Überschätzung aber infolge der eben dargelegten Verhältnisse für das linke Auge teilweise kompensiert, für das rechte aber noch gesteigert wird.

3. Direktes — indirektes Sehen. Je nachdem Augenbewegungen gestattet sind oder nicht, gestaltet sich nun dieser Fall verschieden. Finden keine Augenbewegungen statt, so werden — wenn ein Punkt zwischen den beiden exponierten Rechtecken fixiert wird — beide Strecken bzw. Flächen nur indirekt gesehen. Finden dagegen Augenbewegungen statt, so werden die einzelnen Teile der beiden Reize entsprechend dem Wandern des Blickes bald direkt, bald indirekt gesehen.

Im folgenden sind aus den Selbstbeobachtungen der Vpp. die Angaben, die sich auf den Unterschied zwischen direktem und indirektem Sehen beziehen, zusammengestellt. Es sind dies folgende Punkte:

a) Der Vergleich im indirekten Sehen ist anstrengender als der Vergleich im direkten Sehen.

b) Die Unsicherheit des Vergleichens ist im indirekten Sehen sehr groß, das Urteil ist oft schwankend. Besonders ist eine „absolute Unsicherheit" beim Flächenvergleich vorhanden, nämlich wenn Vp. sich zwingt, simultan, d. h. im indirekten Sehen, zu vergleichen.

c) Die Urteilsabstufungen können bei indirektem Sehen nicht mehr oder nur sehr schwer durchgeführt werden.

d) Augenbewegungen sind zu Beginn der Exposition derartiger Reize gerade bei diesen Versuchen nur schwer ganz zu vermeiden.

Das Auftreten dieser 4 Momente erklärt sich wohl zwanglos aus der Tatsache, daß im täglichen Leben stets Augenbewegungen dann zu Hilfe genommen werden, wenn es sich um genaueres, insbesondere quantitatives Erkennen der Größen und Formen der Sehdinge handelt. Um so unsicherer, anstrengender usw. mußte für die Vp. die Aufgabe sein, nun plötzlich abweichend vom Verhalten im täglichen Leben Größenverhältnisse aufzufassen.

e) Die (vertikalen) Strecken erscheinen im indirekten Sehen auffällig verkürzt gegenüber dem direkten Sehen, und zwar beide annähernd gleichmäßig. Vp. Z. gibt die Verkürzung auf etwa $^3/_5$ der scheinbaren Länge im direkten Sehen an. Die Verkürzung der tangential im peripheren Gesichtsfeld verlaufenden Extensitäten ist eine aus der Literatur genügend bekannte Erscheinung. So finden sie insbesondere Guillery, Fischer u. a.

f) die Querdistanz, d. h. der Abstand zwischen den beiden Strecken erscheint im direkten Sehen stark verlängert. Offenbar ist diese Erscheinung etwa folgendermaßen zu erklären: Es läßt sich, da ja außer direktem und indirektem Sehen kein drittes (absolutes) Bezugssystem vorhanden ist, weder a priori noch a posteriori entscheiden, ob im direkten Sehen eine scheinbare Verlängerung der Querdistanz oder im indirekten Sehen eine scheinbare Verkürzung eingetreten ist, welch letztere nur deshalb nicht als solche bezeichnet wurde, weil eben die ersten Beobachtungen im direkten Sehen, also mit Augenbewegungen vorgenommen worden waren. Ich halte es nicht für angängig, zwischen den beiden Möglichkeiten auf Grund meiner Versuche mit einiger Sicherheit zu entscheiden.

In den Resultaten meiner Versuche scheint sich der Unterschied zwischen direktem und indirektem Sehen vorzugsweise in zwei Punkten zu äußern:

α. Die Beurteilung ungleicher Strecken im direkten Sehen liefert mehr richtige Fälle als im indirekten Sehen, d. h. die Schwelle ist im ersten Falle kleiner.

β. Bei den Versuchen mit indirektem Sehen kommen mehr z-Urteile als bei den Versuchen mit direktem vor.

Was bei den Versuchen mit Augenbewegungen die Richtung der letzteren betrifft, so ergibt sich für Strecken und Flächen, daß die Augenbewegungen unwillkürlich meistens primär von links nach rechts verlaufen. Mit Sicherheit konnte Vp. Z. indessen bei entsprechenden Versuchen nicht feststellen, daß eine absichtliche Umkehr der Richtung der Augenbewegungen, also eine von rechts nach links gehende Augenbewegung, von Einfluß auf das Urteil war. Meistens genügten der Vp. Z. 5 bis 6 Augenbewegungen, um zum Urteil zu gelangen. Diese Zahl verminderte sich im Laufe der Reihen allmählich auf 2 bis 3 derartige Fixationsbewegungen.

g) [1]) Die Linien erscheinen im indirekten Sehen weniger klar und weniger hell als im indirekten Sehen. Für Vp. Z. schien sich dies bei der rechts gelegenen Strecke ganz spurweise noch stärker geltend zu machen als bei der links gelegenen (Refraktionseinfluß). Einer anderen Vp. erschienen die Linien im indirekten Sehen im Gegensatz zum direkten Sehen sogar verschwommen, wenigstens zu Beginn der Reihe. Auch traten im indirekten Sehen für einzelne Vpp. Schwankungen und Verzerrungen [2]) auf. Diese Ergebnisse sind verständlich nach dem, was bisher gesagt worden war. Das Auflösungsvermögen der Netzhaut ist für die peripherischen Teile geringer als für die zentralen.

h) Die Linien erscheinen in den Versuchen ohne Augenbewegungen gelblich-weiß statt rötlich-gelb. Auch diese Beobachtung ist vielleicht nur eine Bestätigung der bekannten Erscheinung, daß die Farbenempfindungen beim Übergang in die Peripherie bestimmte Veränderungen erfahren. Wie in der Versuchsanordnung schon auseinandergesetzt worden ist, konnten aus bestimmten Gründen rein weiße Strecken nicht hergestellt werden. Allerdings sind die Verhältnisse auf diesem Gebiete noch sehr ungeklärt.

4. Es ist weiter noch eine Reihe von Unterschieden zu konstatieren, die sich zwischen dem Sehen mit und dem Sehen ohne Augenbewegungen geltend machen. Ich erwähne hier nur kurz den Einfluß der Akkommodation. Es handelt sich hierbei um teils willkürlich, teils unwillkürlich herbeigeführte spezielle Bewegungen im Bereich des Sehorgans (mit Hilfe des Musculus ciliaris, rectus internus usw.), die der exakten Abbildung des Reizes auf der Netzhaut, insbesondere also auf der Macula lutea dienen. Es ist klar und stimmt mit der Selbstbeachtung von Vp. Z. überein, daß eine ungenaue Akkommodation sowohl beim direkten wie beim indirekten Sehen wesentliche Veränderungen der Empfindung mit sich bringt. Der betreffende Reiz kommt dann nämlich unscharf zur Abbildung.

Wie sich weiter aus den Selbstbeobachtungen ergibt, hatten die gelegentlich stattfindenden Akkommodationsschwankungen im wesentlichen zwei Wirkungen: Die Reize wurden in verschiedenen Tiefenlagen lokalisiert, und die scheinbare Größe erfuhr eine Veränderung. Diese Veränderungen der scheinbaren Größe kamen vorzugsweise bei der Beurteilung der Breite zum Ausdruck, und zwar hatte die Ferneinstellung eine Vergrößerung der scheinbaren Breite zur Folge.

Die Bemühungen der Vp., immer die richtige Akkommodation herzustellen, wurden dadurch erschwert, daß Vp. „die farbigen Rechtecke in einer unbestimmten Entfernung" hinter den Diaphragmen des Apparates sah, d. h. Vp. blieb es offenbar ungewiß, in welcher Entfernung die Farbentafeln (vgl. die Versuchsanordnung) sich hinter den Diaphragmen befanden. Wie schon früher erwähnt worden war, wurde die Akkommodationseinstellung dadurch erleichtert, daß unmittelbar zwischen den Diaphragmen eine weiße Marke angebracht wurde. Offenbar lag diese Erleichterung darin begründet, daß dieser Punkt auf der schmalen Tafel, also im Sehfeld selbst

1) Zum großen Teil fallen die unter g erwähnten Tatsachen mit den oben unter a bis c erörterten zusammen.

2) Stärkere Verzerrungen beruhen in der Regel auf Astigmatismus. Bei Vp. Z. lag ein solcher nicht vor.

sich befand, während hingegen die Rechtecke, wie gesagt, in eine unbestimmte Entfernung lokalisiert wurden.

Gelegentliche Schwankungen im Urteil werden neben Aufmerksamkeitsschwankungen vorzugsweise auf unrichtige Akkommodation überhaupt und auf Wechsel der Akkommodation während der einzelnen Versuche zurückzuführen sein. Übrigens steht die Akkommodation in engen Abhängigkeitsbeziehungen zur Aufmerksamkeit. Aus dem Gesagten ergibt sich ferner ein enger Zusammenhang mit einem weiteren Faktor, nämlich

5. der Sehschärfe. Unter dieser will ich hier in einem weiteren Sinne den Grad der Uebereinstimmung zwischen Reiz und Empfindung verstehen. Die Sehschärfe ist wieder abhängig von einzelnen Faktoren, also beispielsweise dem Gesichtswinkel und namentlich der Aufmerksamkeit. Wie oben festgestellt worden ist, ist die Sehschärfe für die verschiedenen Netzhautteile verschieden. Der Einfluß dieser Moments ist oben bereits erörtert worden.

Ferner führe ich noch kurz die Irradiations- und Kontrasterscheinungen an. Es ist nach meinen Beobachtungen nicht wahrscheinlich, daß solche die Hauptergebnisse meiner Versuche wesentlich beeinflußt haben. Dasselbe gilt schließlich auch vom Einfluß des blinden Flecks. Ich verweise in dieser Beziehung auf die kürzlich erschienene Dissertation von Schoppe.

III. Psychophysiologische Faktoren.

Unter den Vorbehalten, welche durch die Schwierigkeit der Abgrenzung dieser Faktoren untereinander und gegenüber den anderen Gruppen bedingt sind, kann man hierher zählen:

1. Die Helligkeit. Dieser Faktor wird psychophysiologisch verständlich, wenn man sich die Form seiner Wirksamkeit im einzelnen vergegenwärtigt. Objektiv ergibt sich aus unserer Arbeit eine Bestätigung des sowohl aus dem täglichen Leben wie aus der Psychologie genugsam bekannten Satzes, daß hellere Flächen im allgemeinen gegenüber dunkleren überschätzt werden. Man darf wohl annehmen, daß dieser Tatbestand ursächlich eine Modifikation in zwei Richtungen erfuhr. Einmal erfährt — immer einen dunkleren Grund vorausgesetzt — subjektiv die objektiv hellere Fläche eine Erhöhung ihrer Helligkeit durch wahrscheinlich hauptsächlich physiologisch bedingte Simultankontrast- und Irradiationserscheinungen. Zum andern aber spielt offenbar in ähnlicher Weise wie bei den Streckenvergleichen die Aufmerksamkeit insofern eine erhebliche Rolle, als sie sich in erster Linie der helleren Fläche als der eindringlicheren zuwenden wird und diese dadurch noch heller und zugleich vergrößert erscheint.

Was nun die Bewertung der auf den Helligkeitseinfluß entfallenden Zahlen betrifft, so kann auf die früheren Auseinandersetzungen verwiesen werden. Zusammenfassend kann man wohl mit einiger Sicherheit sagen, daß die Höhenbeurteilung bei den Gleichversuchen

von der Helligkeit zwar deutlich, aber doch nicht sehr stark beeinflußt worden ist:

durch die Helligkeit innerhalb der einzelnen Versuchsreihen ziemlich konstant dahin beeinflußt wurde, daß unter den u-Fällen unverhältnismäßig viel gl-Urteile auftraten.

Die weitere Tatsache, daß bei den Ungleichversuchen der Helligkeitseinfluß auf die Beurteilung der Höhe noch niedriger als bei den Gleichversuchen war, erklärt sich wohl daraus, daß neben den beiden anderen hier noch hauptsächlich wirksamen Faktoren, nämlich der objektiven Differenz und dem Raumfehler, der Einfluß der Helligkeit nicht zur Geltung kommen konnte. Etwas anders liegen die Verhältnisse für die Breitenbeurteilung. Offenbar war der Breitenvergleich für die Vp. im Ganzen etwas schwieriger als der Vergleich der Höhe. Die Selbstbeobachtungen der Vp. Z. und auch einer ganzen Reihe anderer Vpp. ergaben, daß für

die Breite niemals gedankliche geometrische Hilfskonstruktionen zur Anwendung gelangten, während dies bei der Höhe bei Vp. Z. gelegentlich, bei anderen, namentlich mathematisch vorgebildeten Vpp. häufiger der Fall war. Es ist plausibel, daß aus diesem Grunde der Raumfehler für die Breite größer ausfiel. Nicht ausgeschlossen erscheint auch die Annahme, daß in der Vergrößerung des Faktors i für die Breite sich die Tatsache geltend machte, daß die Breite objektiv wesentlich kleiner als die Höhe war, nämlich nur 30 gegenüber 50 mm betrug.

Wesentlich kompliziertere Verhältnisse liegen, was den Faktor i anbetrifft, für die Beurteilung des F l ä c h e n eindrucks vor. Man kann nach den obigen Ausführungen direkt sagen, daß der Helligkeitseindruck sich hier überhaupt erst richtig auswirken konnte. So liefert die weiß/grau-Lage unter 200 Urteilen 161, in denen die linke (weiße) Fläche für größer gehalten wurde. Der Raumfehler und der Helligkeitsfaktor unterstützen sich hier gegenseitig. In dieser Raumlage wird die rechte Fläche insgesamt n u r z w e i m a l für größer gehalten. In der grau/weiß-Lage ist die äußerst auffällige Erscheinung vorhanden, daß sich hier mehr r > -Urteile als l > -Urteile ergaben, trotzdem sowohl Breite wie Höhe erheblich mehr l > -Urteile gezeitigt hatten. Bei der Beurteilung der Dimensionen kommt nämlich sowohl die auf der einen Seite vorhandene hellere Fläche wie die auf der anderen angrenzende dunklere Fläche zur Geltung. Der Raumfehler wurde also durch die Helligkeit sogar überkompensiert. Natürlich hat man sich nicht zu denken, daß etwa Urteilsfolgen vorgekommen sind, die der Logik entbehrt hätten, also daß gelegentlich die Breite und Höhe als l >, die Fläche aber als r > bezeichnet worden wäre. Vielmehr zeigen die Urprotokolle, daß in dem einen Falle die Überschätzung der rechten Breite bei gleichzeitiger Überschätzung der linken Höhe mehr von Einfluß auf das Flächenurteil war, in dem andern Falle die Sache gerade umgekehrt lag. Zahlenmäßig hat i jedenfalls für die Fläche einen sehr hohen Betrag angenommen.

Interessant ist bei den Versuchen in der grau/weiß-Lage die große Zahl der u-Fälle, und unter diesen sind wieder die 55 z-Urteile bei den Gleichversuchen mit Flächen auffällig. Es ist nicht etwa diese hohe Zahl auf eine Unsicherheit der Vp. bei einer bestimmten Reihe zurückzuführen, sondern sämtliche grau/weiß-Reihen ergeben gleichviel z-Urteile. Die Beurteilung des Gesamtflächeneindrucks scheint also infolge eines intensiveren Kampfes der Faktoren mit wesentlich mehr Schwierigkeiten verknüpft gewesen zu sein als der Vergleich der einzelnen Dimensionen. Es erscheint vielleicht auch psychologisch einigermaßen verständlich, daß, je größer die Zahl der gereizten Netzhautelemente war, um so weniger genau die Beurteilung stattfinden mußte.

Der Vergleich der einzelnen Reihen derselben Helligkeitslagen ergibt eine i n t e r s e r i a l e Zunahme der l > -Urteile für weiß/grau. Man kann daraus unter Vorbehalt vielleicht schließen, daß es Vp. Z. im Laufe der Reihen gelungen sein mag, die Einflüsse von q und i allmählich besser aufzufassen, so daß allmählich eine entsprechende Vermehrung der l > - Urteile eingetreten ist, oder aber man wird annehmen, daß die Eindringlichkeit der helleren gegenüber der dunkleren Fläche — vielleicht geradezu infolge der Übung — interserial größer geworden ist. Damit stimmt auch das Ergebnis der grau/weiß-Reihen überein, welche eine allmähliche interseriale Abnahme der Zahl der l > -Urteile zeigen. Außerdem entspricht der Annahme einer interserialen Vergrößerung der Eindringlichkeit wohl auch das Resultat der intraserialen Betrachtung, nämlich der Fraktionierung. Die anfängliche Zu- und spätere Abnahme der l > -Urteile für weiß/grau ist — wie nach dem oben über die Größe des Faktors i für das Flächenurteil Gesagten zu erwarten war — am ausgeprägtesten für die F l ä c h e. Berücksichtigen wir die Ergebnisse der Betrachtung des intraserialen Gangs des Raumfehlers — es hatte sich bei früheren Reihen sowohl für Flächen wie für Strecken eine Abnahme mit folgender Zunahme der Größe des Raumfehlers ergeben —, und setzen wir voraus, daß der Gang des Raumfehlers

auch hier im wesentlichen derselbe ist, so bedeutet das, daß auch intraserial die Eindringlichkeit der helleren Fläche anscheinend zugenommen hat. Die von der Mitte der Reihen an einsetzende Umkehr wird wohl auf eine Ermüdung, die z. T. zentral, vorzugsweise aber peripherisch (Stoffwechsel) bedingt sein mag, zurückzuführen sein. Hiermit stimmt auch die Selbstbeobachtung von Vp. Z. überein: „Der anfänglich sehr erhebliche Helligkeitsunterschied hat sich im Laufe der Reihe etwas mehr ausgeglichen."

2. Farbe. Im Zusammenhang mit dem Einfluß, den die Helligkeit auf die Größenschätzung ausgeübt hat, steht die Wirkung der verschiedenen Farben. Wir werden nach dem früher Gesagten gut tun, auf eine Trennung der Helligkeit und des Farbtons zu verzichten und unter den früher gemachten entsprechenden Vorbehalten immer nur die Farbtöne einschließlich der zugehörigen Helligkeiten betrachten.

Der Vergleich gelber und blauer Flächen ergab folgende Werte (S. 30):

Vp. Z.

	Fechnersche			proport. Vert.		
	Breite:	Höhe:	Fläche:	Breite:	Höhe:	Fläche:
i =	+ 23 %	3 %	19 %	—	—	—[1])

Mittelwert von 19 weiteren Vpp.[2])

Fechnersche Fläche:	proport. Vert. Fläche:
18 %	27 %

Die Übereinstimmung zwischen den Werten von Vp. Z. und der anderen Vpp., selbst bei der, wie wir gesehen hatten, theoretischen Anforderungen nicht ganz gerecht werdenden Fechnerschen Verteilungsweise, darf wohl recht gut genannt werden.

Die Zusammenstellung der Faktoren i für die sämtlichen Farbenkombinationen, und zwar der Mittelwerte aus den Ergebnissen von denselben 19 Vpp., zeigt folgendes Bild:

	Fechnersche	proportionale Verteilg.
weiß/blau	+ 20 %	+ 30 %
weiß/grün	+ 9 %	+ 15 %
weiß/gelb	— 2 %	—[3])
weiß/rot	— 5 %	—[3])
gelb/blau	+ 18 %	+ 27 %
gelb/rot	+ 22 %	+ 15 %
grün/blau	+ 20 %	+ 22 %
rot/grün	+ 7 %	+ 7 %

Die Ergebnisse dieser Zahlen zusammenfassend, folgere ich mit erheblicher Wahrscheinlichkeit:

a) Flächen in den Assimilationsfarben (im Sinne von Hering) erfahren eine Unterschätzung, und zwar ist diese Unterschätzung etwas schwächer gegenüber den zugehörigen Dissimilationsfarben gelb und rot, oder m. a. W. weiß einerseits wird gegenüber blau bzw. grün andererseits stärker überschätzt als gelb und rot einerseits gegenüber blau bzw. grün andererseits.

---

1) Die Durchführung der proportionalen Verteilungsweise war wegen des bekannten Grenzfalls nicht möglich.

2) Aus Gründen des Raummangels sind hier nur die zahlenmäßigen Ergebnisse dieser Vpp angegeben worden. Zahl und Größe der Reihen waren hinreichend, um den angegebenen Werten einige Bedeutung beimessen zu können.

3) Für diese beiden Farbenkombinationen ließen sich schlechterdings keine einigermaßen zuverlässigen Repräsentationswerte bei proportionaler Verteilungsmethode feststellen.

Zum Verständnis dieser Erscheinung, die im wesentlichen mit den von Quantz gefundenen Ergebnissen wenigstens annähernd, d. h. in bezug auf die Richtung der Überschätzung, übereinstimmt, ist offenbar folgendes zu beachten: Man kann sich wohl denken, daß einem Dissimilationsprozeß als solchem gewissermaßen eine größere physiologische Eindringlichkeit zukommt als dem entsprechenden Assimilationsprozeß. Damit fiele die Tatsache zusammen, daß den Dissimilationsfarben eine größere Helligkeit als den zugehörigen Assimilationsfarben zukommt. Zum Teil hatte sich auch photometrisch[1]) eine größere Helligkeit von gelb und rot gegenüber blau und grün ergeben. Am wahrscheinlichsten ist wohl die Annahme, daß beide Momente für die Überschätzung verantwortlich zu machen sind.

b) Was das Verhältnis der Dissimilationsfarben gelb und rot zu weiß anlangt, so müssen wir uns wohl mit der Feststellung begnügen, daß hier eine sichere Überschätzung in bestimmter Richtung schlechterdings nicht vorhanden gewesen zu sein scheint. Allerdings sind gerade gelb und rot in unserer Versuchsanordnung diejenigen Farben, die eine besondere Stellung einnehmen. Gelb besitzt nämlich bei unserer Beleuchtung subjektiv annähernd dieselbe Helligkeit wie weiß. Rot hingegen besitzt zwar geringere subjektive Helligkeit, dafür aber einen stark „leuchtenden" Charakter. Es ist bekannt und schon von Wundt erwähnt worden, daß dem Rot eine gewisse „reizende Wirkung" zukommt. Man könnte vielleicht versucht sein, die Unterschätzung von weiß gegenüber diesen beiden Farben auf diese Weise zu erklären. Es waren aber die Unsicherheit und die interindividuellen Schwankungen hier derart groß, daß man sämtliche Folgerungen nur mit äußerstem Vorbehalt ziehen darf.

c) Wenn gelb gegenüber rot und grün gegenüber blau überschätzt wird, so erklärt sich das wohl aus den starken Helligkeitsunterschieden der verwendeten Farben.

3. Anregung und Schlußantrieb. Die Anregung. Diese beruht vorzugsweise auf Gefühls- und Willensmomenten und bedeutet die mehr oder minder schnelle Konzentration des Interesses und der Aufmerksamkeit. Das Fehlen einer einigermaßen starken und konstanten Anregung ist ohne Zweifel eine der wichtigsten Fehlerquellen bei solchen Versuchen.

Ebenfalls in der Hauptsache auf Gefühls- und Willensprozessen beruhend, setzt das Vorhandensein des Schlußantriebs voraus, daß nach Erreichung der maximalen Einstellung ein allmählicher Abfall infolge der Ermüdung eingetreten ist, und daß weiter die Vp. eine Vorstellung von der absoluten Länge der betreffenden Reihen besitzt, um kurz vor dem Schluß der Versuchsreihe an sich nochmals den „Antrieb" zu erfahren. In der Tat lassen sich gelegentlich geringe Tendenzen zu einem Schlußantrieb bei Vp. Z. feststellen.

4. Die psychophysiologische Disposition der Vp. Diese zerfällt in: die schwankende, d. h. zufällige Disposition und die bleibende Disposition, insbesondere Zuverlässigkeit.

Es ist klar, daß, soweit eines der unter den Begriff Disposition der Vp. fallenden Momente, die vor jeder Reihe notiert wurden, also etwa Schlaf, geistige Arbeit, Stimmungen usw., einen von dem für diese Vp. durchschnittlichen Verlauf abweichenden extremen Wert annimmt, die Ergebnisse mehr oder weniger stark beeinflußt werden. Bei unseren Untersuchungen scheint dieser Fall aber nicht vorgekommen zu sein[2]).

---

1) Es waren die Zimmermannschen Farben g (gelb), d (rot), o (blau) und i (grün) verwendet worden. Die Deutsche Werkstelle für Farbkunde in Dresden hatte eine Bestimmung des Schwarz- und des Weißgehaltes dieser Farben vorgenommen. Es hatte sich dort ergeben:

	Weißgehalt:	Schwarzgehalt:	Farbton:
gelb	9,6 %	22 %	68,4 %
blau	4,1 %	56 %	39,9 %
rot	2,8 %	22 %	74,2 %?

Für grün war eine solche Bestimmung nicht vorgenommen worden. Auf von uns mit Hilfe des Pulfrichschen Stufenphotometers und des Ruppschen Nüancierungsapparates vorgenommene weitere Untersuchungen kann hier nicht eingegangen werden.

2) Vgl. indessen Seite 19.

Von dieser schwankenden Disposition ist die konstante Disposition, gewisse Anlagen, Vorbildung, aber namentlich auch die Zuverlässigkeit, zu unterscheiden. Was die Zuverlässigkeit derjenigen Vpp. anlangt, deren Ergebnisse hier verwendet wurden, so kann man wohl sagen, daß diese normalen Anforderungen entsprach. Als völlig zuverlässig, selbst extremen Anforderungen gegenüber, dürfen die Ergebnisse der Vp. Z. bezeichnet werden.

5. Die Aufmerksamkeit. Im Laufe unserer Erörterungen hatte sich des öfteren ergeben, welche überragende Bedeutung bei unseren Versuchen der Aufmerksamkeit zukommt. Die Aufmerksamkeit ihrerseits ist wieder abhängig von einer ganzen Reihe von Faktoren, deren Gesamtheit wir mit Ziehen als assoziatives Moment bezeichnen. Eine entscheidende Rolle bei dem Streit der vorhandenen Empfindungen um die Aufmerksamkeit spielt die G. E. Müllersche Eindringlichkeit oder der Ziehensche assoziative Impuls, der seinerseits wieder durch Intensität und Gefühlston der betreffenden Empfindung bedingt ist. In allen diesen Beziehungen kann auf frühere Erörterungen verwiesen werden.

6. Die Übung. Um von vornherein terminologischen Schwierigkeiten zu entgehen, wollen wir unter Übung im engeren Sinne die im Laufe einer oder mehrerer Reihen erfolgende allmähliche Aufbesserung der Leistungsfähigkeit derjenigen spezifischen Funktionen verstehen, die bei dem Auffassen und Vergleichen der dargebotenen Reize beteiligt sind. Objektiv äußert sich die Übung bei Ungleichversuchen in einer Vermehrung der Zahl der r'- bzw. R'-Fälle oder aber auch in einer Abnahme der Zahl der der z-Fälle zugunsten der r- und gl-Fälle, namentlich, soweit es sich um zuverlässige Vpp. handelt, deren Unterscheidung von gl- und z-Fällen einige Sicherheit beizumessen ist. In Zusammenhang mit der Übung stehen u. a. auch die oben erwähnten Faktoren: Anregung und Schlußantrieb. Sie werden von der Übung beeinflußt.

Schwieriger bzw. teilweise garnicht möglich ist die zahlenmäßige Erfassung des Einflusses der Übung bei den Gleichversuchen. Offenbar können hier Übung und Ermüdung, die im allgemeinen zueinander antagonistisch gerichtet sind, unter Umständen ein und dieselbe Wirkung erzielen.

Besonders einfach liegen die Verhältnisse für die Beurteilung ungleicher Strecken. Wir hatten eine intra- und eine interseriale Übung unterschieden. Was zahlenmäßige Angaben anlangt, so lassen sich solche wegen der Abhängigkeit der Übung von vielen anderen, der zahlenmäßigen Erfassung unzugänglichen Faktoren nur schwer machen. Immerhin haben die Experimente einzelne einwandfreie Ergebnisse geliefert.

Am deutlichsten und auch interessantesten sind die Angaben über das Vorhandensein interserialer Übung. Die Ergebnisse über die Streckenbeurteilung bei Vp. Z. lassen auch Schlüsse über die Kraepelinsche „Übungsfestigkeit" nach längeren zeitlichen Zwischenräumen zu. Was die Erörterung der intraserialen Übung anbetrifft, so entstehen, wie gesagt, Schwierigkeiten durch die oft nicht mögliche exakte Trennung ihres Einflusses von dem der Ermüdung. Mit einiger Sicherheit können wir indessen wohl sagen, daß intraserial mindestens eine Beziehung zwischen Übung und Raumfehler besteht. Es ergibt sich nämlich, wenn auch nicht immer, so doch außerordentlich oft, eine anfängliche Abnahme der absoluten Größe des Raumfehlers. Man wird hieraus nicht etwa schließen können, daß dadurch der Raumfehler seinen Charakter als konstanter Fehler einbüßt, sondern man hat sich wohl zu denken, daß der Kampf der Faktoren, der ja beim Zustandekommen des Raumfehlers nach unseren bisherigen Überlegungen stattfindet, in irgend einer Weise von der Übung beeinflußt wird. Man kann sich aber kaum vorstellen, daß die psychologische „Irradiation", von der wir bei der Erörterung der den Raumfehler beeinflussenden einzelnen Faktoren gesprochen haben, infolge der Übung allmählich eine Verminderung erfahren sollte.

7. Die Ermüdung. Bei dem Begriff „Ermüdung" sind zu unterscheiden die Ermüdung s. str., die in einem allmählichen Versagen derjenigen spezi-

fischen Funktionen besteht, die bei dem Auffassen und Vergleichen beteiligt sind, und die Ermüdung durch Abnahme der Willenskraft, d. h. der Stärke der Konzentration sowie der Energie, die die Vp. der Aufgabe gegenüber aufgewandt hat.

Im Gegensatz zur Übung können wir bei unseren Versuchsreihen, die durchweg durch größere Versuchspausen getrennt waren, stets nur von einer intraserialen Ermüdung sprechen. Die letztere kann sich zunächst in einer Abnahme der Zahl der richtigen Urteile äußern. Bei geübteren und vor allem zuverlässigeren Vpp. besteht offenbar namentlich ein Zusammenhang zwischen der Zunahme der Zahl der z-Fälle und der durch die Abnahme der Willenskraft bedingten Ermüdung. Das Gesagte gilt vorzugsweise für die Ungleichversuche.

Meistens beginnt sich die Ermüdung in einer Verminderung der Zahl der richtigen Urteile schon nach etwa 30 bis 40 Einzelversuchen geltend zu machen, gelegentlich indessen auch noch früher. Besonders in solchen Reihen, für die bereits das interseriale Maximalstadium der Übung erreicht ist, beginnt die Ermüdung schon sehr früh merklich zu werden, da ja eben ein Einfluß intraserialer Übung nur schwach oder überhaupt nicht entgegenwirkt. Es kann hier noch hinzugefügt werden, daß die Ermüdung beim Vergleich farbiger Flächen im allgemeinen zur Folge hat, daß der durch die verschiedenen Farben bedingte scheinbare Größenunterschied allmählich eine Verminderung erfährt, oder m. a. W., daß die durch einen Farbfaktor bedingte Überschätzung der Flächen eine Verkleinerung durch Ermüdung erfährt.

Ob auch Erfahrungsmomente nach Analogie der Heringschen Gedächtnisfarben gelegentlich zur Geltung kommen, kann ich auf Grund meiner Versuche, wie ich hier beiläufig bemerken will, nicht entscheiden. Wir werden vor dem Vorliegen weiterer Untersuchungen der Bewertung dieses Faktors vorsichtig gegenüberstehen.

8. Die Perseveration. Ein Moment, welches ursprünglich aus der Pathologie entlehnt worden ist und bisher, soweit festgestellt werden konnte, in der Literatur der Untersuchungen des Augenmaßes noch wenig Berücksichtigung gefunden hat, ist die Perseveration. Sie wird definiert z. B. von Müller und Pilzecker (Z. f. Ps. Erg. Bd. 1, 1900, S. 98). Bei den für unsere Untersuchungen wesentlichen Ergebnissen der Vp. Z. sind solche Perseverationstendenzen indessen nicht bemerkt worden.

Zusammenfassung.

a) Die konstanten Fehler. Fassen wir die experimentellen Ergebnisse und die bisherigen theoretischen Erörterungen zusammen, so finden sich für den Vergleich von Strecken und gleichfarbigen, also weißen Flächen zwei Gesichtspunkte, nach denen die Resultate hauptsächlich zu bewerten sind. Das sind einmal der oder die konstanten Fehler für Strecken und Flächen und andererseits die Unterschiedsempfindlichkeit für Strecken und Flächen.

Der konstante Fehler beim Vergleich von Strecken bei simultaner Darbietung mit und ohne Augenbewegungen aus einer Entfernung von 150 cm mit dem rechten Auge äußerte sich bei Vp. Z. in einer deutlichen relativen Überschätzung des links, für das rechte Auge also nasal liegenden, bei den Versuchen ohne Augenbewegungen auf der temporalen Netzhauthälfte abgebildeten Reizes. Mit Fechner bezeichneten wir diesen konstanten Fehler als positiven Raumfehler. Seine Größenordnung ergibt sich aus den Zusammenstellungen auf Seite 9.

Was denselben Fehler für die Flächenbeurteilung betrifft, so ergibt sich für Vp. Z. sowohl wie für die übrigen Vpp. ebenfalls stets ein positiver Raumfehler, dessen Größenordnung auf Seite 18 ff. angegeben ist.

Indessen soll allen diesen Zahlen an sich kein sehr großer Wert beigemessen werden. Wesentlich ist nur das positive Vorzeichen und die erheblichere Größe des Raumfehlers für Flächen

gegenüber dem für Strecken. Im übrigen ist auf die früheren Erörterungen zu verweisen.

Eine weitere Erscheinung, welche bei der Beurteilung ungleicher Flächen auftritt, ist der durch den Relativfaktor bedingte Schlankheits- bzw. Plumpheitseindruck. Ohne daß er selbst als „konstanter" Fehler zu bezeichnen ist, ist er doch von wesentlichem Einfluß nicht nur auf die Flächenschätzung überhaupt, sondern insbesondere auf den als Raumfehler bezeichneten konstanten Fehler. Er hat zur Folge, daß zwei Flächen nicht unmittelbar und schlechthin in bezug auf die Empfindungsdimensionen verglichen werden, sondern daß die Empfindungen durch Gestaltsvorstellungen eine Modifikation ihrer Extensitäten erfahren. Bei einer genügend zuverlässigen Vp. wie Vp. Z. lassen sich, wie die Erörterungen auf S. 26ff. ergeben hatten, diese Beziehungen sogar in gewissen Grenzen zahlenmäßig verfolgen. Jedenfalls beeinflußt dieser Relativfaktor sowohl den Raumfehler der Fläche als auch den jeder einzelnen Dimension. In gewissem Sinne fällt m. E. der Relativfaktor mit dem Begriff der Sehgröße von Hering zum Teil zusammen ([24] S. 542).

Berücksichtigen wir außerdem noch die Ergebnisse über den Farben- bzw. Helligkeitsunterschied, so sind beim Flächenvergleich insgesamt folgende Faktoren zu beachten:

1. der Raumfehler s. str., wie er sich beim Vergleich weißer Flächen äußert und wahrscheinlich, dem Raumfehler für Strecken entsprechend, durch Aufmerksamkeitsvorgänge mit bedingt ist und für die einzelnen Dimensionen wahrscheinlich vorzugsweise durch anatomisch-physiologische Momente modifiziert wird;
2. der Relativfaktor, welcher bei der Beurteilung von Rechtecken von verschiedenen Höhen auftritt, vorzugsweise zentral bedingt ist und im allgemeinen wohl eine Verminderung des Raumfehlers s. str. zur Folge hat;
3. der Farb- und Helligkeitsfaktor, soweit er einen durch Farb- und Helligkeitsunterschiede bedingten konstanten Fehler bedeutet;
4. der Relativfaktor, soweit er den Faktor 3 in ähnlicher Weise wie den Faktor 1 beeinflußt.

Auf einen Vergleich unserer konstanten Fehler für Strecken mit den von früheren Autoren gefundenen soll im Hinblick auf die sicher nicht gleichgültigen Verschiedenheiten der Versuchsanordnungen verzichtet werden; ein Vergleich der konstanten Fehler für Flächen mit denen aus etwaigen anderen Untersuchungen sich ergebenden ist unmöglich, da in den wenigen vorhandenen Arbeiten über das Augenmaß für Flächen konstante Fehler beim Simultanvergleich kaum behandelt worden sind.

Eine Besprechung der bei der vorliegenden Untersuchung aufgetretenen Fehlerquellen, die ja, soweit sie durch die Versuchsanordnung bedingt sind, ebenfalls (wenigstens zu einem großen Teil) als konstante Fehler zu gelten hätten, schließt sich an die Leeserschen Erörterungen über „Fehlerquellen" an.

Eine beachtenswerte Bedeutung kommt folgender, schon von Leeser in ähnlicher Weise gefundener Tatsache zu: Die Leeserschen Vpp. empfanden es als störend, daß die Strecken „bei längerem Betrachten gewisse Schwankungen ihrer wahrgenommenen Größe" zeigten. Es traten bei ihnen „ruckweise Vergrößerungen und Verlängerungen" auf, und zwar derart, daß „die beiden Endpunkte immer gleichzeitig sich voneinander zu entfernen oder zu nähern schienen". Leeser kommt auf Grund besonderer Versuche zu dem Ergebnis, daß diese Schwankungen und Verzerrungen, wie schon von uns erwähnt worden ist, zwar störend seien, nicht aber die Resultate beeinflußt hätten. Leeser hält es für möglich, „unter konstanten Beleuchtungsverhältnissen ein planimetrisches Gebilde ausfindig zu machen, bei dem zuerst die Schwankungen, die dem einzelnen Punkte, wie der Lichtlinie eigentümlich sind, nicht mehr vorkommen" (S. 82). Diese Möglichkeit scheint mir bei unserer Versuchsanordnung einigermaßen verwirklicht zu sein. Aus der Leeserschen Arbeit gewinnt man den Eindruck, daß vorzugsweise der Kontrast zwischen der hellen Linie und der dunklen Um-

gebung für die Schwankungen maßgebend war. Auf Grund einer Reihe von Vorversuchen, die dazu dienten, die Lösung des von Leeser angedeuteten Problems zu finden, gelangten wir zu demselben Ergebnis. Jedenfalls muß bei ähnlichen Untersuchungen diesen Erscheinungen besondere Beachtung geschenkt werden.

Zu erwähnen ist auch die von vielen Autoren (vgl. z. B. Schumann, Z. f. Ps. Bd. 30, S. 255) beschriebene Erscheinung des „absoluten Eindrucks", wie sie u. a. auch Leeser findet. Immerhin ist in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Selbstbeobachtung, die keine sicheren Anhaltspunkte für die Annahme eines absoluten Eindrucks bietet, anzunehmen, daß ein solcher bei unseren Versuchen keine größere Rolle gespielt hat. Einmal ist, wie auch Laub feststellt, die simultane Darbietungsmethode an sich schon weniger geeignet zum Entstehen absoluter Eindrücke, und zum anderen waren die von uns verwendeten Differenzen m. E. wohl zu gering.

Eine weitere, vielleicht als Fehler der Versuchsanordnung zu bezeichnende Erscheinung muß noch beachtet werden. Die Lichtintensität war offenbar für die Farbenversuche zu groß, wie namentlich aus den Selbstbeobachtungen der Vp. Z. hervorgeht. Die Farbsättigung verlor dadurch teilweise außerordentlich. Es wäre wohl überhaupt besser gewesen, wenn die durch äußere Umstände bedingten Beleuchtungsverhältnisse etwas andere hätten sein können. So hatten die weißen Flächen einen leicht gelblichen Schimmer, welcher durch den Charakter der von uns gewählten Beleuchtungsquelle (zu starke Beimischung gelben Lichtes) gegeben war.

Von den erwähnten und einigen bereits an früherer Stelle erörterten Punkten abgesehen, scheint mir aber im Rahmen der gestellten Aufgabe die Versuchsanordnung gegenüber praktischen und theoretischen Anforderungen, soweit keine genauen zahlenmäßigen Angaben in Frage kommen, hinreichend exakt gewesen zu sein. Man muß sich nur vor einer vorschnellen Verallgemeinerung der Ergebnisse hüten, da die hier mitgeteilten sich nur auf e i n e Vp. im wesentlichen beziehen.

b) Die U n t e r s c h i e d s e m p f i n d l i c h k e i t. Die unmittelbare Bestimmung der Unterschiedsempfindlichkeit war nicht unsere Aufgabe. Dazu wären, wenn wir mit der Konstanzmethode hätten arbeiten wollen, wesentlich mehr Reizdifferenzen notwendig gewesen. Vielmehr handelt es sich bei unserer Arbeit einmal um die Feststellung derjenigen Faktoren, die die räumlich-optische Schätzung überhaupt beeinflussen, vor allem aber um den Vergleich des Augenmaßes für Strecken und Flächen. Nur unter diesem Gesichtspunkt sind die folgenden Erörterungen zu verstehen.

Wir waren bei dem Streckenvergleich zu folgenden Ergebnissen für die Unterschiedsempfindlichkeit gelangt:

Eine Streckendifferenz von 1,0 mm ist für Vp. Z. aus einer Entfernung von ca. 150 cm (rechtsäugig) mit und ohne Augenbewegungen noch übermerklich. Der mittlere Wert der Prozentzahlen der richtigen Fälle liegt bei Fechnerscher Verteilung für 1,0 mm etwa bei 67 %, bei proportionaler Verteilung etwa bei 77 %. Für die Differenz von 1,5 mm sind die entsprechenden Zahlen etwa 80 % und 92 %.

Diesen Zahlen für den Streckenvergleich seien die für die Flächenbeurteilung gefundenen gegenübergestellt.

Bei der Beurteilung einer Reihe ungleicher Flächen, die sich um eine Höhendifferenz von 1,5 mm unterschieden, hatten sich für Höhe und Fläche folgende Zahlen ergeben (in Klammern sind die Resultate bei proportionaler Verteilung angegeben): 76 (80) % und 53 (53) %. (Die entsprechenden Zahlen, die sich aus den Ungleichversuchen beim weiß/weiß-Vergleich ergaben, sind: 70 und 51 % für das rechte, 78 und 62 % für das linke Auge.) Beim weiß/grau- bzw. gelb/blau-Vergleich fanden sich für das rechte Auge 70 und 49 % bzw. 77 und 55 % an richtigen Fällen.

Daraus ergibt sich also die Tatsache, daß unter sonst gleichen Umständen von der Vp. Z. Strecken etwas besser beurteilt worden sind als Flächen.

Ich möchte eine Bekräftigung dieser Behauptung in folgender Tatsache sehen: die Streckenversuche (mit Ausnahme einiger weniger Reihen) waren den Flächenversuchen vorausgegangen, und daher wird eine für die Streckenversuche bestimmt festgestellte interseriale Übung sicher noch günstig auf die Richtigkeit der Beurteilung der Flächen gewirkt haben.

Eine weitere Bestätigung erblicke ich in der Tatsache, daß die Höhe, wenn sie allein, also bei Abstraktion vom Flächeneindruck, beurteilt wird, besser geschätzt wird als die Fläche als solche. Vp. Z. gelang es nach ihrer Selbstbeobachtung tatsächlich, einmal von dem Flächeneindruck fast völlig zu abstrahieren und lediglich die Dimensionen zu vergleichen, zum andern aber auch, die Flächen unabhängig von den vorher abgegebenen Urteilen über die Dimensionen zu vergleichen. Besonders wertvoll sind hier die Ergebnisse des linken Auges, für welches ebenfalls die Höhenbeurteilung wesentlich besser als die Flächenbeurteilung ausfiel, ohne daß aber etwa eine Übung vorhanden gewesen war.

Für das rechte Auge hatten sich bei der Strecken- und Höhenbeurteilung folgende Zahlen ergeben:

	vertikale Strecken 1,5 mm		Höhen 1,5 mm	
	Fechner.	proport.	Fechner.	proport. Vertlg.
Reihe 1	78 %	87 %	76 %	80 %
11	93 %	98 %		

Aus diesen Zahlen kann man — allerdings wegen der geringen Zahlen der Reihen nur mit starkem Vorbehalt — annehmen, daß vertikale Strecken tatsächlich als solche richtiger beurteilt werden, als wenn sie als Höhen einer Fläche dargeboten sind. Besonders spricht für diese Annahme die Tatsache, daß die Reihe 1, die erste Reihe, die von Vp. Z. beurteilt wurde, für die also noch keine Übung vorhanden war, immer noch etwas bessere Ergebnisse lieferte als die viel spätere Höhenbeurteilung von Flächen. Dabei kam der letzteren eine gewisse Übung bestimmt zugute, um so mehr, als dieser Reihe etwa 1000 Einzelversuche des Flächenvergleichs noch außerdem vorausgegangen waren.

Insgesamt gelangen wir also zu dem Ergebnis, daß c. p. am richtigsten vertikale Strecken, etwas minder richtig Höhen und am schlechtesten Flächen beurteilt werden.

Wir haben uns nun noch kurz mit den Ergebnissen früherer Autoren auseinanderzusetzen.

Die Laub'sche Arbeit hat für uns vorwiegend allgemein-psychologisches Interesse. Laub findet nämlich aus der Selbstbeobachtung der Vpp., daß ein Vergleich von Flächen tatsächlich als solcher unabhängig von bestimmten Dimensionen stattfindet, und daß es allerdings möglich ist, auf Verlangen des Versuchsleiters vom Flächeneindruck zu abstrahieren und einzelne Dimensionen zu beurteilen, Tatsachen, die von Leeser und auch durch unsere Arbeit bestätigt wurden. Bei dem Flächeneindruck handelt es sich um eine sogenannte „Gestaltsauffassung". Bei der Beurteilung einer Dimension kommt ein ausgesprochener (!) Gestaltseindruck nicht in Betracht. Es ist nicht ausgeschlossen, daß durch den Gestaltseindruck, der vorzugsweise auf die Form gerichtet ist und durch den „Relativfaktor" einen verändernden Einfluß ausübt, die rein quantitative Größenschätzung beeinträchtigt wird.

Was Laub's quantitative Ergebnisse anlangt, so darf nicht verschwiegen werden, daß die Unterschiedsempfindlichkeit nach diesen für simultan dargebotene Kreise besser ist als für die Diagonalen. Das stände also im Gegensatz zu meinen Ergebnissen. Indessen erscheint mir trotz mancher wertvoller Ergebnisse die Laubsche Arbeit nicht so exakt angelegt, namentlich in bezug auf die Versuchsanordnung, daß sie geeignet wäre, die Resultate der vorliegenden Arbeit zu erschüttern. Weiter glaube ich, daß man, auch abgesehen von Mängeln der nicht genau genug angegebenen Versuchsanordnung, die Laubschen Ergebnisse mit den meinen nicht ohne weiteres vergleichen darf. Denn, da er seine Vpp. völlig symmetrische Flächen (Kreise) vergleichen bzw. nach bestimmten Methoden

auswählen ließ, konnte der bei unseren Versuchen sehr wesentliche Relativfaktor überhaupt nicht zur Wirksamkeit gelangen, so daß es sehr wohl möglich ist, daß Laub so zu seinen scheinbar entgegengesetzten Ergebnissen gekommen ist.

Etwas anders liegt die Sache mit der Leeserschen Arbeit. Methode und Versuchsanordnung sind hier wesentlich exakter, der meinen übrigens sehr ähnlich, so daß sich kaum Einwände prinzipieller Natur machen lassen werden. Das wichtigste Ergebnis der Leeserschen Arbeit ist für den Vergleich mit meinen Ergebnissen der Satz: „Die Genauigkeit der Schätzung quadratischer Flächen würde nicht erhöht werden, wenn man die gewöhnliche Flächenschätzung durch eine Schätzung auf Grund der Seite oder der Diagonale ersetzen würde."

Die Voraussetzung, die Leeser bei dieser Formulierung stillschweigend macht, ist also die, daß die Beurteilung einer Extensität völlig gleich richtig erfolgt, wenn sie tatsächlich als solche gegeben ist, oder wenn sie gewissermaßen „virtuell"[1]) ist, d. h. unter Abstraktion vom Flächeneindruck „gedacht" werden muß. Bei unserer Versuchsanordnung wäre der erste Fall vergleichbar unserer Strecke, der zweite unserer Höhe, wenigstens wenn Leeser von einer Schätzung auf Grund einer Seite spricht. Davon zu sprechen, hatte Leeser aber m. E. ohne weiteres kein Recht, denn er hatte überhaupt keine speziellen Versuche mit einer Schätzung der Seiten angestellt. Und es ist doch wohl denkbar, daß ein Vergleich von tatsächlichen Strecken (= Leesersche Seite) anders ausfällt als von virtuellen Strecken (= Leesersche Diagonale). Aber selbst, wenn wir voraussetzen, daß solche Unterschiede in dem Ergebnis überhaupt nicht oder nur in geringem Maße vorhanden sind, die Leesersche Folgerung also keiner Kritik unterziehen, glaube ich keinen unlösbaren Widerspruch zwischen den Leeserschen und unseren Ergebnissen zu finden. Leeser kommt auf Grund einer mathematischen Überlegung zu dem Ergebnis, daß die relative Reizänderung der Diagonale mit 2 zu multiplizieren ist, um die relative Reizänderung des Quadrates zu erhalten; oder m. a. W: zu einer gleich guten Schätzung des Quadrates mittelst einer Streckenschätzung wäre es notwendig, daß Strecken mit der doppelten relativen Genauigkeit geschätzt werden wie Flächen. Diese Behauptung ist durch die mathematische Beziehung zwischen Diagonale und Quadrat begründet, die natürlich eine kompliziertere ist. Jede Änderung irgendeiner Dimension des Quadrates bedingt mit Rücksicht auf dessen Charakter eine Änderung im quadratischen Verhältnis, während bei dem von uns verwendeten Rechteck mit Rücksicht auf dessen (bei uns konstante) Breite jede Änderung der Höhendimension ebenfalls nur eine Veränderung des Rechtecks in linearem Verhältnis bedingt. Unter diesem Gesichtspunkt sind unsere Ergebnisse mit den Leeserschen vergleichbar. Leeser hatte für eine Vp. für das Quadrat mit einer Diagonale von 105 mm eine relative Unterschiedswelle von 3,87 %, für eine Strecke, deren Länge gleich der der Diagonale war, eine solche von 2,05 % gefunden. Bei uns hatte sich für das Rechteck eine Unterschiedsempfindlichkeit von etwa 1,5 mm, relativ 3 %, für eine Strecke etwa 0,3 mm, relativ 0,6 % ergeben. Das ist wenigstens Übereinstimmung in der Richtung des Unterschiedes.

Wenn man das Webersche Gesetz beachtet (Leesers Strecke betrug 105 mm, unsere hingegen 50 mm), sowie gleichzeitig die Tatsache, daß horizontale Distanzen besser als vertikale beurteilt werden, erklärt sich leicht die Übereinstimmung der Zahlen für die Strecken 105 mm und 50 mm. Dazu kommt der Unterschied in den Methoden und den Vpp. Leeser verwendet die Sukzessivmethode, während bei unseren Untersuchungen die simultane Darbietungsmethode zur Anwendung gelangte. Die letztere involvierte den, wie wir gesehen haben, verhältnismäßig großen Raumfehler, der natürlich die Richtigkeit der Schätzung stark beeinflußte, während der bei L. in Betracht kommende Zeitfehler eine wesentlich geringere Rolle

1) Der Terminus virtuell ist sonst im allgem. in etwas anderer Bedeutung gebräuchlich.

gespielt hat. Dadurch ist wohl auch der Unterschied in dem Grad der richtigen Beurteilung der Flächen ausreichend erklärt.

Eine von uns analog der Leeserschen aufzustellende Formulierung werden wir vorsichtigerweise etwa folgendermaßen fassen:

Die Schätzungsgenauigkeit von Rechtecken, deren Breite stets konstant bleibt, würde wesentlich (!) erhöht werden, wenn die Schätzung anstatt auf Grund des Flächeneindrucks auf Grund einer Seite, und zwar der veränderlichen Höhe, erfolgte.

Zu einer weiteren Folgerung von Leeser, daß er eine Verbesserung der Schätzungsgenauigkeit durch Übung nicht nachweisen konnte, ist nur zu sagen, daß eine intraseriale Übung von uns nachgewiesen werden konnte. Wahrscheinlich lag es bei den Leeserschen Untersuchungen an dem Vorhandensein des Zeitfehlers, daß er eine Übung nicht feststellen konnte.

Schließlich sind noch unsere Ergebnisse über den Vergleich farbiger Flächen den von Quantz gefundenen gegenüberzustellen. Quantz hatte für die Farben rot und gelb eine Überschätzung gegenüber weiß, für die Farbe blau eine Unterschätzung gegenüber weiß gefunden. Auf eine zahlenmäßige Gegenüberstellung der Resultate soll verzichtet werden. Namentlich erscheint eine Gegenüberstellung deshalb zwecklos, weil Quantz keinerlei photometrische Angaben gemacht hat. — Für den Vergleich weiß/grün hatte er übrigens an zwei verschiedenen Vpp. einander widersprechende Ergebnisse gefunden.

Wie man sieht, sind dies — immer im Rahmen der von uns gemachten Vorbehalte — dieselben Resultate wie die von uns gefundenen. Für den Vergleich einer grünen mit einer weißen Fläche glauben wir im allgemeinen eine Unterschätzung von grün gegenüber weiß festgestellt zu haben.

Die wichtigsten E r g e b n i s s e, die z. T. auch die Beantwortung einiger seinerzeit am Schlusse unserer Einleitung aufgeworfenen Fragen enthalten, seien im folgenden zusammengestellt:

1. Die Genauigkeit der Schätzung rechteckiger Flächen, deren Breite konstant bleibt, wird bei unserer Vp. wesentlich erhöht, wenn man anstelle der gewöhnlichen Flächenschätzung die Schätzung der (veränderlichen) Höhe vornimmt.

2. Es existiert für optische Raumgrößen (vertikale Strecken und Flächen) für jedes Auge ein positiver Raumfehler im Sinne Fechners. Für e i n e Vp. war der Raumfehler sowohl für die Beurteilung der Flächen selbst wie beim Vergleich der Breiten beim linken Auge kleiner als beim rechten. In der Größe des Raumfehlers für den Vergleich der Höhen scheinen nur geringe Unterschiede zwischen den Ergebnissen des linken und rechten Auges zu bestehen.

3. Der Raumfehler ist für den Vergleich von vertikalen Strecken wahrscheinlich kleiner als für den Vergleich von Rechtecken.

4. Objektiv gleiche, verschiedenfarbige Flächen werden folgendermaßen beurteilt, wobei die interindividuellen Schwankungen außerordentlich stark sind:

a) helle Flächen werden gegenüber dunklen stark überschätzt;

b) Flächen in den Dissimilationsfarben rot und gelb erfahren gegenüber Flächen in den Assimilationsfarben grün und blau eine deutliche Überschätzung;

c) Flächen in den Assimilationsfarben erfahren gegenüber weißen Flächen eine Unterschätzung. Flächen in den Dissimilationsfarben werden gegenüber weißen Flächen interindividuell verschieden beurteilt.

5. Für Strecken und Flächen erfährt die Genauigkeit des Vergleichs durch Übung eine bedeutende Erhöhung.

6. Die Übung scheint eine Verringerung des absoluten Betrags des Raumfehlers, dagegen eine Vergrößerung des Einflusses der Helligkeit bzw. Farbe (namentlich intraseriale Erhöhung der Eindringlichkeit der überschätzten Fläche) zu bedingen; die Ermüdung scheint eine Vergrößerung des absoluten Betrages des Raumfehlers und eine Verkleinerung des Helligkeits- bzw. Farbenfaktors zu bedingen.

Literaturangaben

1. Aubert: a) Physiol. d. Netzhaut. Breslau 1865, S. 262. b) Jahrb. d. Schles. Ges. f. Vaterl. Kult. 1856.
2. Baldwin and Shaw: Memory for square size. Psych. Rev. Bd. 2, 1895, S. 236.
3. Best: a) Bemerkungen zur Hemianopsie. Arch. f. Ophth. Bd. 74, 1910, S. 400. b) Die Bedeutung der Hemianopsie f. d. Unters. des optischen Raumsinns. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 136, 1910, S. 268.
4. Binet: La perception des longueurs et des nombres chez quelques petits enfants. Rev. Philos. Bd. 30, 1890, S. 68.
5. Binet et Henri: Le développement de la mémoire visuelle chez les enfants. Rev. Philos. Bd. 37, 1894, S. 348.
6. Bolton: The effect of contour upon estimation of area. Amer. Journ. of Psychol. Bd. 9, 1898, S. 178.
7. Boring: The control of attitude in psychophysical experiments. Psychol. Rev. Bd. 27, 1920, S. 440.
8. Brunswig: Das Vergleichen und die Relationserkenntnis. Berl. u. Lpzg. 1910.
9. Bühler: a) Die Gestaltswahrnehmungen. Bd. 1. Stuttgart 1913. b) Über den Vergleich von Raumgestalten. Ber. ü. d. 5. Kongr. f. experim. Psychol. i. Berlin 1912.
10. Chodin: Ist das Weber-Fechnersche Gesetz auf das Augenmaß anwendbar? Arch. für Ophth. Bd. 23, 1876, S. 92.
11. Colardeau: L'évaluation sensorielle des longueurs. Rev. scient. 4. Sér. Bd. 10, 1898.
12. Colegrove: Notes on mental standard of length. Amer. Journ. of Ps. Bd. 10, 1899, S. 292.
13. Ebbinghaus: Grundzüge der Psychologie, 2. Aufl. Lpzg. 1905.
14. Fechner: Elemente der Psychophysik. Bd. 1. Lpzg. 1860.
15. Feilchenfeld: Über die Größenschätzung im Gesichtsfeld. Arch. f. Ophth. Bd. 53, 1902, S. 401.
16. Fischer: Größenschätzungen im Gesichtsfeld. Arch. für Ophth. Bd. 37, 1891, Abt. 1, S. 97. Abt. 3, S. 55.
17. Gelb: Theoretisches über Gestaltsqualitäten. Z. Ps. Bd. 58, 1911, S. 1.
18. Gellhorn: a) Über den Parallelitätseindruck. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 194, 1922, S. 535. b) Beitr. z. Physiol. d. optisch. Raumsinns. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 203, 1924, S. 186.
19. Giering: Das Augenmaß bei Schulkindern. Z. Ps. Bd. 39, 1904, S. 42.
20. Guillery: Über das Augenmaß der seitlichen Netzhautteile. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 10, 1896, S. 83.

21. Guttmann: Blickrichtung und Größenschätzung. Z. Ps. Bd. 32, 1903, S. 333.

22. Hegelmayer: Über das Gedächtnis für Linearanschauungen. Vierordts Arch. f. physiol. Heilk. Jahrg. 11, 1852, S. 844.

23. Helmholtz: Physiol. Optik. Bd. 1 bis 3. Hamburg u. Lpzg. 1909.

24. Hering: Der Raumsinn und die Bewegungen des Auges. Handb. d. Physiol. d. Sinnesorg. Lpz. 1879, S. 343.

25. Higier: Experimentelle Prüfung der psych. phys. Meth. i. Bereiche d. Raumsinns d. Netzhaut. Philos. Stud. Bd. 7, 1892, S. 232.

26. Höfer: Beitr. z. Lehre vom Augenmaß bei ein- u. zweiäugigem Sehen. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 115, 1906, S. 438.

27. Hoffmann: Physiol. Optik (Raumsinn), Handb. d. ges. Augenheilk. 2. Aufl. Bd. 3, 1925.

28. Jakobson: Über die Erkennbarkeit optischer Figuren bei gleichem Netzhautbild u. verschiedener scheinbarer Größe. Z. Ps. Bd. 77, 1917, S. 1.

29. Jaensch: Einige allgemeine Fragen der Psychol. u. Biolog. d. Denkens, erl. a. d. Lehre v. Vergleich Lpzg. 1920.

30. Katona: Psychol. der Relationsauffassg. u. d. Vergleichens. Lpzg. 1924.

31. Köhler: a) Zur Theorie d. sukz. Vergleichs u. d. Zeitfehler. Psychol. Forschg. Bd. 4, 1923, S. 115.
b) Die physischen Gestalten in Ruhe usf. Brnschw. 1920.
c) Komplextheorie und Gestalttheorie. Psychol. Forschg. Bd. 6, 1925, S. 358.

32. v. Kries: Beiträge zur Lehre v. Augenmaß. Helmholtz-Festschrift 1891.

33. Kundt: Untersuchungen über Augenmaß u. optische Täuschungen. Poggendorfs Annal. Bd. 120, 1863, S. 118.

34. Laub: Über das Verhältnis der ebenmerklichen zu den übermerklichen Unterschieden auf d. Gebiet der optischen Raumwahrnehmung. Arch. f. d. ges. Psychol. Bd. 12, 1908, S. 312.

35. Lehmann: Kritische und experimentelle Studien über das Wiedererkennen. Philos. Stud. Bd. 7, 1892, S. 169.

36. Leeser: Über Linien- u. Flächenvergleichung. Z. Ps. Bd. 74, 1916, S. 1.

37. Leroy: De la perception monoculaire des grandeurs ou des formes apparentes. Archives d'Ophth. 2. Abt. Bd. 43, 1861.

38. Lewy: Experiment. Unters. über d. Gedächtnis. Z. Ps. Bd. 8, 1895, S. 231.

39. Lipp: Über die Unterschiedsempfindlichkeit im Sehfelde unter dem Einfluß d. Aufmerksamkeit. Diss. Kiel 1910.

40. Th. Lipps: Einheiten und Relationen. Lpzg. 1902.

41. Mach: Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. II. Abt. Bd. 43, S. 215.

42. Mc. Crea and Pritchard: The validity of the psychoph. law for the estimation of surface magnitudes. Americ. Journ. of Ps. Bd. 8, 1897, S. 494.

43. Meinong: Über Gegenstände höherer Ordnung u. deren Verhältnis z. inneren Wahrnehmung. Z. Ps. Bd. 21, 1899, S. 182.

44. Merkel: Die Methode der mittleren Fehler. Philos. Stud. Bd. 9, 1894, S. 53, 176, 400.

45. Messer: Über Täuschungen des Augenmaßes. Poggend. Annal. Bd. 157, 1876, S. 172. u. Diss. Würzbg.

46. G. E. Müller: a) Gesichtspunkte u. Tatsachen der psychophys. Methodik. Wiesbaden 1904.
b) Komplextheorie u. Gestalttheorie. Götting. 1923.

47. Münsterberg: Beitr. z. experiment. Psycholog. H. 2, 1889, S. 125.

48. Peierce: The perception of horizontal and of vertical lines. Science, Bd. 10, 1899, S. 425.

49. Pierce: Studies in auditory and visual space percept. New York, 1901.

50. Quantz: The influence of the surfaces on our estimation of the magnitude. Amer. Journ. of Ps. Bd. 7, 1895, S. 26.

51. Radoslawow-Hadji-Denkow: Untersuchungen über das Gedächtnis für räuml. Distanzen d. Gesichtssinnes. Philos. Stud. Bd. 15, 1900, S. 318.

52. Riekel: Psychologische Untersuchungen an Hühnern. Z. Ps. Bd. 89, 1922, S. 534.

53. Roeloffs: Le minimum séparable et la plus petite largeur de sensation. Archives néerlandaises de physiologie. Bd. 2, 1918, S. 199. (auch in Nederl. Tijdschr. v. Geneesk. 1918.)

54. K. Schulze: Gestaltwahrnehmung von drei und mehr Punkten auf dem Gebiete des Hautsinns. Diss. Langensalza, 1922.

55. Schumann: a) Zur Psychol. der Zeitanschauung. Z. Ps. Bd. 17, 1898, S. 106.
b) Beitr. z. Anal. d. Gesichtswahrn. Z. Ps. Bd. 23, 1900, S. 1.
c) Beitr. z. Anal. d. Gesichtswahrn. Z. Ps. Bd. 24, 1900, S. 1.
d) Beitr. z. Anal. d. Gesichtswahrn. Z. Ps. Bd. 30, 1902, S. 241 u. 321.

56. Smith: The prevalence of spatial contrast in visual contrast. Brit. Journ. of Ps. Bd. 8, 1916, S. 317.

57. Seyfert: Über die Auffassung einfachster Raumgestalten. Psychol. Stud. Bd. 14, 1898, S. 550.

58. Swift: Visual and tactuo-muscular estimations of length. Amer. Journ. Bd. 11, 1900, S. 527.

59. Stumpf: Erscheinungen und psychische Funktionen, Abhandl. d. Preuß. Akad. d. Wissensch. Berl. 1907.

60. Thomson: a) A direct deduction of the constant process used in the methode of right and wrong cases. Psychol. Rev. Bd. 26, 1919, S. 454.
b) A new point of view in the interpretation of threshold measurements in Psychophysics. Psychol. Rev. Bd. 27, 1920, S. 300.

61. Volkmann: Über das Vermögen, Größenverhältnisse zu schätzen. Ber. ü. d. Verhandl. d. Kgl. sächs. Ges. d. Wiss. z. Leipzig, math.-phys. Klasse. Bd. 8, 1856, S. 173.

62. Warren and Shaw: Further experiments on memory for square size. Bd. 2, 1895, S. 239.

63. Weber: a) Adnotationes anatom. et phys. 1834.
b) Wagners Handwb. d. Physiol. 1846, Bd. 3, 2. Abt., S. 559.

64. Wolfe: Some judgements on the size of familiar objects. Amer. Journ. of Ps. Bd. 9, 1898, S. 137.

65. H. K. Wolfe: Untersuchung über das Tongedächtnis. Wundts Philos. Stud. Bd. 3, 1886, S. 534.

66. Woodworth and Thorndike: Judgements of magnitude by comparison with a mental standard. Psychol. Rev. Bd. 3, 1900, S. 344.

67. Wirth: Die mathemat. Grundlagen der sogen. unmittelb. Behandlung psychophys. Resultate. Psychol. Stud. Bd. 6, 1910, S. 141.

68. Ziehen: a) Leitfaden der Physiol. Psychol. 12. Aufl. Jena, 1924.
b) Grundlagen der Psychol. Leipzig, Berl. 1915.

69. Zoth: Augenbewegungen und Gesichtswahrnehmungen. Nagels Handb. d. Physiol. Bd. 3. Braunschw. 1905, S. 283.

Zum Schluß erfülle ich die angenehme Pflicht, meinen Bundesbrüdern, welche sich als Vpp zur Verfügung gestellt hatten, bestens zu danken. Ganz besonderen Dank schulde ich aber Herrn Geheimrat Ziehen, einmal für seine Liebenswürdigkeit, selbst als Vp zu fungieren, zum andern für die Bereitwilligkeit, mit der er mich stets mit Rat und Tat unterstützt hat.

Lebenslauf.

Ich, Johannes Wilhelm August Güthling, wurde am 23. Oktober 1903 in Calau (N.-L.) als Sohn des damaligen Rektors und Subdiakonus Wilhelm Güthling geboren. Nachdem mein Vater mich selbst unterrichtet hatte, besuchte ich noch 2 Jahre die Oberrealschule in den Frankeschen Stiftungen. Ostern 1922 bestand ich die Reifeprüfung und studierte von da ab Philosophie, Mathematik und Physik in Halle a. d. S.

Nachdem ich die Ergänzungsprüfung in Latein abgelegt hatte, bestand ich das Rigorosum am 27. Juli 1927.

GESSLER & STRAUSS, QUEDLINBURG